

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷

H04Q 7/36

H04L 5/02

H04L 25/02

H04B 7/02

(11) 공개번호

10-2004-0089744

(43) 공개일자

2004년10월21일

(21) 출원번호 10-2004-7015054

(22) 출원일자 2004년09월22일

번역문 제출일자 2004년09월22일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2003/000153

(87) 국제공개번호

WO 2003/081938

(86) 국제출원출원일자 2003년01월22일

(87) 국제공개일자

2003년10월02일

(30) 우선권주장 10/104,399 2002년03월22일 미국(US)

(71) 출원인 노오텔 네트워크 리미티드
캐나다 에이치4에스 2에이9 퀘벡 세인트 로렌트 블러바드 알프레드-노벨 2351(72) 발명자 마,지앙글레이
캐나다 케이2엠 2더블유5 온타리오 카나타 브릴드우드 본 에코 크레스센트 3지아,밍
캐나다 케이2비 5퍼3 온타리오 오타와 크로이돈 애비뉴 609-320쥬,페이잉
캐나다 케이2엠 2엘4 온타리오 카나타 페블 크릭 크레스센트 16통,웬
캐나다 케이2씨 4에이7 온타리오 오타와 화이트스톤 디알. 12유,동-생
캐나다 케이2비 7티3 온타리오 오타와 우드리지 크레스센트 704-15(74) 대리인 주성민
백만기
이중희

심사청구 : 없음

(54) OFDM을 위한 소프트 핸드오프

요약

본 발명은 OFDM 시스템에서의 소프트 핸드오프들에 관한 것이다. 각각의 이동 단말기는 인접 기지국들로부터의 전송의 파일럿 신호 세기들을 측정한다. 기지국을 위한 파일럿 신호 세기가 정의된 임계값을 초과하면, 그 기지국은 활성 세트 리스트에 추가된다. 각각의 이동 단말기는 기지국 제어기와 서빙 기지국을 통지하고, 그 이동 단말기는 유일한 서빙 기지국을 식별하거나 소프트 핸드오프 모드를 트리거하며, 스케줄링과 공간-시간 코딩의 결합을 이용하여 효율적이고 신뢰할만한 핸드오프들에 영향을 미친다.

대표도

도 10

색인어

OFDM 시스템, 이동 단말기, 기지국, 파일럿 신호, 기지국 제어기

명세서

기술분야

본 발명은 무선 통신에 관한 것으로서, 특히 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(OFDM) 시스템에서의 소프트 핸드오프를 용이하게 한다.

배경기술

무선 통신 시스템들은 통신 가능 구역들을 셀들로 분리하고, 각각의 셀은 기지국에 의해 서빙된다. 이동 단말기는, 현재의 셀 뿐만 아니라 인접 셀들을 위해 서빙 기지국의 신호 세기들을 계속해서 모니터할 것이다. 이동 단말기는 신호 세기 정보를 네트워크로 송신할 것이다. 이동 단말기가 현재 셀의 가장 자리로 이동함에 따라, 서빙 기지국은 이동 단말기의 신호 세기가 감소하고 있다고 판정하는 한편, 인접 기지국은 그 신호 세기가 증가하고 있다고 판정할 것이다. 그 두 개의 기지국들은 네트워크를 통해 서로 조화하여 기능하고, 인접 기지국의 신호 세기가 현재 기지국의 신호 세기를 초과할 때, 통신에 대한 제어는 현재 기지국으로부터 인접 기지국으로 스위칭된다. 하나의 기지국으로부터 다른 기지국으로의 제어에 대한 스위칭을 핸드오프라고 한다.

발명의 상세한 설명

하드 핸드오프는, 제1 기지국에서 제2 기지국으로 완전하면서도 즉각적으로 변환되는 핸드오프이다. 하드 핸드오프들은 문제가 있는 것으로 판명되었고, 호출이 자주 끊긴다. CDMA 시스템들은 소프트 핸드오프를 포함하고 있는데, 이동 단말기가 제1 셀에서 제2 셀로 이동할 때, 그 핸드오프 처리는 복수의 단계로 발생된다. 우선, 이동 단말기는 제2 기지국의 생존 능력을 인식하고, 네트워크는 현재 기지국 및 인접 기지국 둘 모두가 그 호출을 수행하게 한다. 이동 단말기가 제2 기지국에 점점 더 가깝게 접근하고, 제1 기지국으로부터는 점점 더 멀어짐에 따라, 제1 기지국으로부터의 신호 세기는 마침내 유효 레벨 이하로 떨어질 것이다. 현 시점에서, 이동 단말기는 제1 기지국에 그 호출을 끊도록 지시할 것이고, 제2 기지국이 계속해서 그 호출을 서빙할 것임을 네트워크에 통지할 것이다. 따라서, 소프트 핸드오프는, 새로운 기지국과의 통신을 개시한 후에 이전 기지국과의 통신을 종료하는 특징이 있다. CDMA 시스템들에서의 소프트 핸드오프들은 매우 신뢰성이 있는 것으로 입증되었다.

무선 네트워크에서의 데이터 전송율과 용량을 증가시키기 위한 계속된 노력으로 인하여 통신 기술들이 진화한다. 복수-입력-복수-출력(MIMO) 직교 주파수 분할 멀티플렉싱(OFDM) 시스템들은, 차세대 고속 데이터 다운로드 액세스를 위한 유망한 해결책이다. 그러한 시스템들의 장점은, 모든 할당된 스펙트럼이 모든 기지국에 의해 이용될 수 있는 높은 스펙트럼 효율에 있다. 그 시스템들은 일반적으로 하나의 주파수 재이용 팩터(factor)를 구비하는 것으로 고려된다. 불행하게도, 이러한 시스템들은, 특히 셀 경계들에서 강력한 공동 채널 간섭을 생성한다. 기본 주파수를 한번 재이용하는 계획은 매우 낮은 데이터 전송율과, 셀 경계들에서의 이동 단말기들을 위한 서비스의 품질 악화를 유발할 것이다. 비록, 데이터 반복, 재 전송 기술들과, 데이터 전송을 위한 공정한 스케줄링이 채용될 수 있지만, 셀을 교차하는 데이터 전송 속도의 분포를 동일하게 하기란 어렵다. 따라서, 고속 데이터 서비스가 상당히 제한된다.

다른 기술들, 예를 들어 CDMA에서, 소프트 핸드오프들은 셀 경계들에서의 서비스를 강화하기 위해 이용된다. 그러나, CDMA 시스템들을 위해 개발된 소프트 핸드오프 기술들의 직접적인 확장은 MIMO-OFDM 시스템들에 적용할 수 없는데, OFDM 파형을 위한 간섭의 분리가 사실상 불가능하기 때문이다. 서로 다른 확산 코드 마스크를 OFDM 전송에 이용할 수 없기 때문에, 동일한 신호를 전송하는 기지국들간의 상쇄 간섭들은 성능의 상당한 저하를 야기시킬 수 있다. 따라서, 데이터 전송 속도를 증가시키고 셀 경계들에서의 간섭을 감소시킬 필요가 있을 뿐만 아니라 OFDM 시스템들을 위한 효과적인 소프트 핸드오프 기술도 필요하다.

발명의 개요

본 발명은 OFDM 시스템에서의 소프트 핸드오프에 관한 것이다. 다운링크 통신에서, 각각의 이동 단말기는, 인접 기지국들로부터의 전송들의 모든 가능한 파일럿 신호 세기를 지속적으로 측정하고, 가장 강력한 파일럿 신호들을 식별하여 그들을 정의된 임계값과 비교한다. 기지국을 위한 파일럿 신호 세기가 정의된 임계값을 초과하면, 그 기지국은 활성 세트 리스트에 추가된다. 각각의 이동 단말기는 그들의 활성 세트 리스트들의 기지국들을 인식할 것이다. 활성 세트 리스트에 하나의 기지국만이 존재하면, 그 기지국이 이동 단말기에 서비스를 제공하기 위해 선발된다. 활성 세트 리스트에 하나 이상의 기지국이 존재하면, 소프트 핸드오프가 그 기지국들간에 인에이블된다. 소프트 핸드오프 조건은 하나의 기지국만이 활성 세트 리스트상에 존재할 때까지 계속될 것이며, 남겨진 기지국은 이동 단말기에 계속해서 서비스를 제공할 것이다. 소프트 핸드오프는 이동 단말기에 의해 개시될 수 있으며, 이동 단말기는 활성 세트 리스트를 서빙 기지국을 통해 기지국 제어기에 보고할 것이다. 기지국 제어기는 소프트 핸드오프의 활성 세트 리스트상의 기지국들에 경보할 것이다. 특히, 기지국 제어기는 활성 세트 리스트로부터 기지국들의 서브세트를 선택하여 소프트 핸드오프를 설정할 것이다. 소프트 핸드오프 동안에, 활성 세트 리스트상의 모든 기지국들은, 이하에서 정의된 바와 같이 이동 단말기와의 통신을 용이하게 할 것이다. 바람직하게, 기지국 제어기는 각각의 이동 단말기를 위한 모든 활성 세트 리스트들의 트랙을 유지한다. 이동 단말기들은 그들 각각의 세트 리스트들의 트랙을 유지할 것이다.

따라서, 그 세트 리스트들을 기지국 제어기와 서빙 기지국에 제공함으로써, 이동 단말기는, 복수의 기지국들이 활성 세트 리스트상에 나타날 때, 단 하나의 서빙 기지국을 식별하거나 또는 소프트 핸드오프(SHO) 모드를 트리거한다. SHO 모드는 스케줄링과 STC 코딩의 결합을 이용하여 효율적이고 신뢰할만한 핸드오프들에 영향을 미친다. SHO 모드 동안에, 기지국 제어기는, 이동 단말기를 위해 의도된 데이터 패킷들을 활성 세트 리스트상의 각각의 기지국에 멀티캐스트하거나 난멀티캐스트한다. 멀티캐스팅은, 각각의 데이터 패킷이 이동 단말기로의 송신을 위해 활성 세트 리스트상의 각각의 기지국으로 전송됨을 의미한다. 난멀티캐스팅은, 데이터 패킷들이 동일한 방식으로 서브패킷들로 분리되어, 각각의 서브패킷이 이동 단말기로의 전송을 위해 활성 세트 리스트상의 기지국들 중 하나에 송신됨을 의미한다. 멀티캐스팅과는 달리, 리턴던트 정보가 활성 세트 리스트상의 각각의 기지국으로부터 전송되지 않는다.

멀티캐스팅 또는 난멀티캐스팅 실시예들에 있어서, 활성 세트에서의 기지국들은 OFDM 신호의 시간 및 주파수 리소스들로 분할될 수 있다. 따라서, 각각의 기지국은 OFDM 신호 서브밴드의 부분들을 전송한다. 바람직하게, 전송 파워에서의 증폭은 이용되고 있는 서브밴드들과 연관된다. 기지국들은 전송된 데이터의 STC 인코딩을 제공하고, 이동 단말기들은 대응 STC 디코딩을 제공하여 전송된 데이터를 복원한다. STC 코딩은 공간-시간-전송 다이버시티(STTD) 또는 V-BLAST-타입의 코딩 중 하나가 될 수도 있다. STTD 코딩은 데이터를 복수의 포맷으로 인코딩함과 동시에 복수의 포맷들을 공간 다이버시티(예를 들어, 서로 다른 위치들에서의 안테나들로부터)와 함께 전송한다. V-BLAST-타입의 코딩은 데이터를 서로 다른 그룹들로 분리하여 개별적으로 인코딩함과 동시에 각각의 그룹을 전송한다. 다른 코딩은 본 기술 분야의 당업자에 의해 인식될 것이다. 이동 단말기는, 각각의 기지국으로부터의 전송된 데이터를 개별적으로 복조 디코딩한 다음, 각각의 기지국으로부터의 디코딩된 데이터를 결합하여 본래의 데이터를 복원한다.

이전의 OFDM 핸드오프들은 하드 핸드오프들이었고, 서빙 기지국은 자발적으로 임의의 주어진 이동 단말기를 위한 전송용 데이터의 스케줄링을 처리하였다. 하나의 기지국만이 임의의 시간에 이동 단말기에게 서비스를 제공하였기 때문에, 공동의 스케줄링을 채용할 필요가 없었다. 이에 반해, 본 발명은 이동 단말기의 활성 세트 리스트상의 기지국들을 위한 공동의 스케줄링을 채용한다. 그렇게 함으로써, 기지국 제어기 또는 그와 유사한 스케줄링 디바이스는, 각각의 이동 단말기를 위한 SHO 모드 동안에, 전송을 위한 데이터 패킷들을 스케줄하기 위해 이용된다. 기지국 제어기는 관련된 기지국들을 위한 모든 스케줄링을 제공할 수도 있지만, 본 발명의 바람직한 실시예는, SHO 모드가 아닌 이동 단말기들을 위한 데이터의 스케줄링을 서빙 기지국으로 제공한다. 이러한 장치에서, 스케줄러가 기지국 제어기에 채용되어, 데이터를 활성 세트 리스트상의 기지국들을 위한 시간 슬롯에 할당한다. 기지국들은 공동의 기지국 공간-시간 코딩을 수행한다. 기지국 제어기에 의해 할당되지 않은 시간 슬롯들은, 소프트 핸드오프에 참가하지 않는 이동 단말기들의 데이터를 위해 이용된다.

본 기술 분야의 숙련자들은 본 발명의 범위를 인식할 것이며, 첨부되는 도면들과 관련된 바람직한 실시예들에 대한 이하에서의 상세한 설명을 이해한 후에는 본 발명의 부가적인 특징들을 실현할 것이다.

본 명세서와 함께 첨부된 도면은 본 발명의 여러 양상을 도시하고, 다음의 설명과 함께 본 발명의 원리를 나타낸다.

도면의 간단한 설명

도 1은 셀룰러 통신 시스템의 블록도.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 기지국의 블록도.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 이동 단말기의 블록도.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 OFDM 송신기 구조의 논리적 브레이크다운 을 도시하는 도면.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 OFDM 수신기 구조의 논리적 브레이크다운을 도시하는 도면.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 활성 세트 리스트 표를 도시하는 표.

도 7a는 순차 실행 스케줄링(round robin scheduling)을 도시하는 표.

도 7b는 유동적 스케줄링을 도시하는 표.

도 8a 내지 도 8c는 본 발명의 양호한 동작을 개략하는 흐름도.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따라 구성되는 셀룰러 통신 시스템의 블록도.

도 10은 도 9의 실시예에 따른 주파수 서브-밴드 사용을 도시하는 도면.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따라 구성되는 셀룰러 통신 시스템의 블록도.

도 12는 도 11의 실시예에 따른 주파수 서브-밴드 사용을 도시하는 도면.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따라, 공통 채널 인터페이스를 최소화하면서 파일럿 신호와 결합된 전력을 증폭시키기 위한 기술을 도시하는 도면.

실시예

다음에 설명되는 실시예들은 당업자들이 본 발명을 실시할 수 있도록 필요한 정보를 제공하고, 본 발명을 실시하는 최적의 모드를 나타낸다. 첨부 도면에 비추어 다음의 설명을 읽으면, 당업자들은 본 발명의 개념을 이해하고, 본 명세서에서 특별히 언급되지 않은 개념들의 응용을 이해할 것이다. 이러한 개념들 및 응용들은 본 명세서 및 첨부된 청구항의 범위내에 있다는 것이 이해되어야 한다.

도 1을 참조하면, 기지국 제어기(BSC)(10)는 다중 셀(12)내에서 무선 통신을 제어하고, 다중 셀은 대응하는 기지국(BS)(14)에 의해 제공된다. 일반적으로, 각 기지국(14)은 이동 단말기(16)와의 통신을 용이하게 하고, 이동 단말기는 대응하는 기지국(14)과 결합된 셀(12)내에 있다. 이동 단말기(16)가 제1 셀(12)에서 제2 셀(12)로 이동하면, 이동 단말기(16)와의 통신은 하나의 기지국(14)에서 다른 기지국으로 이동한다. '핸드오프(handoff)'라는 용어는 일반적으로, 이동 단말기(16)의 통신 세션 동안에 하나의 기지국(14)에서 다른 기지국으로 스위칭하기 위한 기술을 언급하는 것으로 사용된다. 기지국(14)은 기지국 제어기(10)와 함께 작동하여, 핸드오프가 적절히 결합되는지를 확인하고, 이동 단말기(16)에 지향된 데이터가 현재 이동 단말기(16)와의 통신을 지원하고 있는 적절한 기지국(14)에 제공되는지를 확인한다.

핸드오프는 일반적으로 하드 또는 소프트로서 특성화된다. 하드 핸드오프는 하나의 기지국(14)에서 다른 기지국으로의 이동이, 제2 기지국(14)이 이동 단말기(16)와의 통신을 개시하는 정확한 시간에 제1 기지국(14)이 이동 단말기(16)와의 통신을 중단하는 것을 특징으로 한다. 불행히도, 하드 핸드오프는 통신을 단절시키는 경향이 있고, 충분히 신뢰할 수 없다고 증명되었다. 소프트 핸드오프는 핸드오프 기간 동안에 이동 단말기(16)와 동시에 통신하는 다중의 기지국(14)을 특징으로 한다. 전형적으로, 동일한 정보가 서로 다른 기지국들(14)로부터 이동 단말기(16)로 전송되고, 이동 단말기(16)가 이동하려고 하는 기지국(14)이 이동 단말기(16)와 통신을 할 수 있다고 간주될 때 까지, 이동 단말기(16)는 두 기지국(14)으로부터 신호를 수신하려고 시도한다.

도 1에서, 핸드오프 영역(18)은 3개의 셀(12)의 교차점에서 도시되고, 여기에서 이동 단말기(16)는 3개의 셀(12) 중의 어느 하나의 에지에 존재하며, 이 셀들(12)내의 기지국들(14) 중 어느 하나에 의해 잠재적으로 지원될 수 있다. 본 발명은 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 무선 통신 환경에서 소프트 핸드오프를 활용하는 방법 및 구조를 제공한다.

본 발명의 이동 단말기(16) 및 기지국(14)의 고레벨 개요가 양호한 실시예의 구조적 및 기능적인 세부 내용을 탐구하기 전에 제공된다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따라 구성되는 기지국(14)이 도시된다. 기지국(14)은 일반적으로 제어 시스템(20), 기저대역 처리기(22), 송신 회로(24), 수신 회로(26), 다중 안테나(28), 및 네트워크 인터페이스(30)를 포함한다. 수신 회로(26)는, 이동 단말기(16)에 의해 제공되는 하나 이상의 원격 송신기로부터 정보를 포함하는 무선 주파수 신호를 수신한다(도 3에 도시됨). 양호하게, 저소음 증폭기 및 필터(도시되지 않음)는 처리를 위해 신호로부터 광대역 인터페이스를 증폭하고 제거하도록 함께 작동한다. 하향변환(downconversion) 및 디지털화

회로 소자(도시되지 않음)는 필터링되어 수신된 신호를 중간 또는 광대역 주파수 신호로 하향 변환하고, 다음에 이 신호는 하나 이상의 디지털 스트림으로 디지털화된다.

기지대역 처리기(22)는 디지털화되어 수신된 신호를 처리하여, 수신된 신호에 전달되는 정보 또는 데이터 비트를 추출한다. 이 처리는 일반적으로 복조, 디코딩, 및 오류 정정 동작을 포함한다. 이와 같이, 기저대역 처리기(22)는 일반적으로 하나 이상의 디지털 신호 프로세서(DSP)에서 구현된다. 다음에, 수신된 정보는 네트워크 인터페이스(30)를 통해 무선 네트워크로 송신되거나, 기지국(14)에 의해 제공되는 또 다른 이동 단말기(16)로 전송된다. 네트워크 인터페이스(30)는 일반적으로 기지국 제어기(10), 및 일반 전화 교환망(PSTN)과 접속될 수 있는 무선 네트워크의 일부를 형성하는 회로 전환 네트워크와 상호작용한다.

전송측에서, 기저대역 처리기(22)는 음성, 데이터, 또는 제어 정보를 나타내는 디지털화된 데이터를 제어 시스템(20)의 제어하에서 네트워크 인터페이스(30)로부터 수신하고, 전송할 데이터를 인코딩한다. 인코딩된 데이터는 송신 회로(24)로 출력되고, 여기에서 데이터는 희망 전송 주파수(들)를 갖는 캐리어 신호에 의해 변조된다. 전력 증폭기(도시되지 않음)는 변조된 캐리어 신호를 전송에 적합한 레벨로 증폭하고, 이 변조된 캐리어 신호를 정합 네트워크(도시되지 않음)를 통해 안테나(28)로 전달한다. 변조 및 처리의 상세 사항은 다음에서 보다 상세하게 기술된다.

도 3을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따라 구성된 이동 단말기(16)가 도시된다. 기지국(14)과 유사하게, 이동 단말기(16)는 제어 시스템(32), 기저대역 처리기(34), 송신 회로(36), 수신 회로(38), 다중 안테나(40), 및 사용자 인터페이스 회로 소자(42)를 포함한다. 수신 회로(38)는 하나 이상의 기지국(14)으로부터 정보를 포함하는 무선 주파수 신호를 수신한다. 양호하게, 저소음 증폭기 및 필터(도시되지 않음)는 처리를 위해 신호로부터 광대역 인터페이스를 증폭하고 제거하도록 함께 작동한다. 다음으로, 하향변환 및 디지털화 회로 소자(도시되지 않음)는 필터링되어 수신된 신호를 중간 또는 광대역 주파수 신호로 하향 변환하고, 다음에 이 신호는 하나 이상의 디지털 스트림으로 디지털화된다.

기지대역 처리기(34)는 디지털화되어 수신된 신호를 처리하여, 수신된 신호에 전달되는 정보 또는 데이터 비트를 추출한다. 이 처리는 일반적으로 복조, 디코딩, 및 오류 정정 동작을 포함하고, 보다 상세한 사항은 아래에서 논의될 것이다. 기저대역 처리기(34)는 일반적으로 하나 이상의 디지털 신호 프로세서(DSP) 및 주문형 반도체(ASIC)에서 구현된다.

전송을 위해, 기저대역 처리기(34)는, 음성, 데이터, 또는 제어 정보를 나타내는 디지털화된 데이터를 제어 시스템(32)으로부터 수신하고, 전송할 데이터를 인코딩한다. 인코딩된 데이터는 송신 회로(36)로 출력되고, 여기에서 데이터는 희망 전송 주파수(들)에 있는 캐리어 신호를 변조기에 의해 변조하는데 사용된다. 전력 증폭기(도시되지 않음)는 변조된 캐리어 신호를 전송에 적합한 레벨로 증폭하고, 이 변조된 캐리어 신호를 정합 네트워크(도시되지 않음)를 통해 안테나(40)로 전달한다. 당업자에게 이용가능한 다양한 변조 및 처리 기술이 본 발명에 적용가능하다.

OFDM 변조에서, 송신 대역은 다중, 직교 캐리어 웨이브로 분할된다. 각 캐리어 웨이브는 송신될 디지털 데이터에 따라 변조된다. OFDM은 송신 대역을 다수의 캐리어로 분할하기 때문에, 캐리어마다의 대역폭은 감소하고 캐리어마다의 변조 시간은 증가한다. 다수의 캐리어가 병렬로 송신됨에 따라, 임의의 주어진 캐리어 상에서 디지털 데이터, 또는 심볼에 대한 송신 레이트가 단일 캐리어 사용시보다 더 낮다.

OFDM 변조는 송신될 정보 상에서 역고속 푸리에 변환(IFFT)의 수행을 요구한다. 복조를 위해, 송신된 정보를 복원하기 위해 수신된 신호의 고속 푸리에 변환(FFT) 수행이 요구된다. 사실상, 역개별 푸리에 변환(IDFT) 및 개별 푸리에 변환(DFT)은 각각 변조 및 복조를 위한 디지털 신호 처리를 사용하여 구현된다.

따라서, OFDM 변조의 특징지워진 특성은 직교 캐리어 웨이브가 송신 채널 내의 다수의 대역에 대하여 발생된다는 것이다. 변조된 신호는 상대적으로 낮은 송신 레이트를 갖고 자신들의 각 대역내에 머무를수 있는 디지털 신호이다. 개별 캐리어 웨이브는 디지털 신호에 의해 직접 변조되지 않는다. 대신, 모든 캐리어 웨이브는 IFFT 처리에 의해 일단 변조된다.

바람직한 실시예에서, OFDM은 기지국(14)으로부터 이동 단말기(16)로의 다운링크 송신용으로 적어도 사용된다. 더 우기, 기지국(14)은 GPS 시그널링을 통한 공통 클럭과 기지국 컨트롤러(10)를 통한 좌표 통신에 동기된다. 각 기지국(14)은 n개의 송신 안테나(28)가 장치되고 각 이동 단말기(16)는 m개의 수신 안테나(40)가 장치된다. 특히, 각각의 안테나는 적당한 듀플렉서 또는 스위치를 사용하여 수신 및 송신용으로 사용되고 단지 명료성을 나타내기 위해 라벨화하였다.

도 4를 참조하면, 논리적 OFDM 송신 아키텍처가 일실시예에 따라 제공된다. 초기에, 기지국 컨트롤러(10)는 이동 단말기(16)로 송신될 데이터(44)를 기지국(14)으로 전송한다. 비트 스트림인 데이터는 데이터 스크램블링 로직(46)을 사용하여 데이터와 관련된 피크 대 평균 전력비를 감소시키는 방식으로 스크램블된다. 스크램블된 데이터를 위한 순

환식 리턴던시 체크(CRC)가 결정되고 CRC 로직(48)을 사용하여 스크램블된 데이터에 첨부된다. 다음에, 이동 단말기(16)에서 복원 및 에러 정정을 용이하게 하기 위해 리턴던시를 데이터에 효과적으로 부가하기 위해 채널 인코더 로직(50)을 사용하여 채널 코딩을 수행한다. 채널 인코더 로직(50)은 일실시에에서 공지된 터보 인코딩 기술을 사용한다. 다음에, 인코딩된 데이터는 레이트 매칭 로직(52)에 의해 처리되어 인코딩과 관계된 데이터 확장을 보상한다.

비트 인터리버 로직(54)은 제공되는 연속의 데이터 비트 손실을 최소화하기 위해 인코딩된 데이터에서 비트를 체계적으로 리오더링(reordering)한다. 그 결과의 데이터 비트가 선택된 기저대역 변조에 따라 매핑 로직(56)에 의해 해당 심볼에 체계적으로 매핑된다. 바람직하게, QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 또는 QPSK(Quadrature Phase Shift Key) 변조가 사용된다. 심볼은 체계적으로 리오더링되어 심볼 인터리버 로직(58)을 사용하여 주파수 선택 페이딩에 기인한 주기적 데이터 손실에 대한 송신 신호의 면역성(immunity)을 추가로 보장한다.

이 점에서, 비트의 그룹은 진폭 및 위상 컨스텔레이션(constellation)에서의 위치를 나타내는 심볼로 매칭되었다. 심볼의 블록은, 다음에, 공간-시간 블록 코드(STC) 인코더 로직(60)에 의해 처리되는데, 이것은 송신된 신호가 간섭에 보다 저항성이 있고 이동 단말기(16)에서 수월하게 디코딩되도록 심볼을 수정한다. STC 인코더 로직(60)은 들어오는 심볼을 처리하고 송신 안테나(28)의 갯수에 대응하는 n 개의 출력을 기지국(14)에 제공할 것이다. 제어 시스템(20) 및/또는 기저대역 프로세서(22)는 매핑 제어 신호를 제공하여 STC 인코딩을 제어할 것이다. STC 인코딩에 관한 보다 상세한 설명은 본 명세서에서 후술된다. 이 점에서, n 개의 출력에 대한 심볼은 송신된 데이터를 나타내고 이동 단말기(16)에 의해 복원될 수 있다고 가정하자. 1998년 32차 Asilomar Conference on Signals, Systems and Computer s, Volume 2, pp. 1803-1810에 기재되어 있는 A. F. Naguib, N. Seshadri, 및 A. R. Calderbank의 'Applications of space-time codes and interference suppression for high capacity and high data rate wireless systems'를 참조하고, 이것은 본 명세서에 그 내용 전체가 참조로 사용된다.

본 예를 위해, 기지국(14)은 두개의 안테나(28)($n=2$)를 갖고 STC 인코더 로직(60)은 심볼의 두개의 출력 스트림을 제공한다고 가정하자. 따라서, STC 인코더 로직(60)에 의해 출력되는 각 심볼 스트림은 이해를 용이하게 하기 위해 개별적으로 도시된 대응하는 IFFT 프로세서(62)로 전송된다. 당업자는 그러한 디지털 신호 처리 단독으로 또는 본 명세서에서 설명된 다른 처리와 조합하여 제공하기 위해 하나 이상의 프로세서가 사용될 수 있다는 것을 인지할 것이다. IFFT 프로세서(62)는 바람직하게 IDFT 또는 역 푸리에 변환에 효과적인 처리를 이용하여 각 심볼 상에서 동작할 것이다. IFFT 프로세서(62)의 출력은 시간 도메인에서 심볼을 제공한다. 시간 도메인 심볼은 프레임으로 그룹화되는데, 이것은 삽입 로직(64)에 의한 파일럿 헤더 및 프리픽스(prefix)와 관계가 있다. 그 결과 신호 각각은 디지털 도메인에서 중간 주파수로 상향 변환되고(up-converted) 대응하는 디지털 상향 변환(DUC) 및 디지털 대 아날로그(D/A) 변환 회로(66)를 통하여 아날로그 신호로 변환된다. 그 결과 (아날로그) 신호는 다음에 RF 회로(68) 및 안테나(28)를 통하여 원하는 RF 주파수에서 동시에 변조되고 증폭되어 송신된다. 특히, 송신된 데이터는 파일럿 신호에 의해 선택되는데, 이것은 의도된 이동 단말기(16)에 공지되어 있고 파일럿 헤더 및 SP 서브-캐리어를 변조함으로써 구현된다. 하기에 상세히 논의되는 이동 단말기(16)는 채널 추정 및 간섭 억제에 위한 SP 신호와 기지국(14)의 식별을 위한 헤더를 사용할 것이다.

도 5를 참조하여 이동 단말기(16)가 송신된 신호를 수신하는 것을 설명한다. 이동 단말기(16)의 각 안테나(40)에서 송신된 신호 도착하면, 각 신호는 대응하는 RF 회로(70)에 의해 복조되고 증폭된다. 간단하고 명료하게 하기 위해, 단지 두개의 수신 경로 중 하나만을 기술하고 상세히 설명한다. 아날로그 대 디지털(A/D) 컨버터 및 하향 변환 회로(down-conversion circuitry)(72)는 디지털 처리를 위해 아날로그 신호를 디지털화하고 하향변환한다. 그 결과의 디지털화된 신호는 자동 이득 제어 회로(AGC)(74)를 사용하여 수신된 신호 레벨을 기초로 RF 회로(70)에 있는 증폭기의 이득을 제어하게 된다.

바람직하게, 각각의 송신된 프레임은 두개의 동일한 헤더를 갖는 정의된 구조를 갖는다. 프레임링(framing) 획득은 이들 동일 헤더의 반복을 기초로 한다. 초기에, 디지털화된 신호가 동기화 로직(76)에 제공되는데, 이 동기화 로직은 몇개의 OFDM 심볼을 버퍼링하고 두개의 연속 OFDM 심볼 간의 자기 상관(auto-correlation)을 계산하는 코스(coarse) 동기화 로직(78)을 포함한다. 최고의 상관 결과에 대응하는 결과적 시간 인덱스는 미세한(fine) 동기화 탐색 윈도우를 결정하게 되는데, 이 윈도우는 헤더에 기초하여 정확한 프레임링 시작 위치를 결정하기 위해 미세한 동기화 로직(80)에 의해 사용된다. 미세한 동기화 로직(80)의 출력은 프레임 얼라인먼트 로직(84)에 의한 프레임 획득을 용이하게 한다. 적당한 프레임링 얼라인먼트는 후속의 FFT 처리가 시간으로부터 주파수 도메인으로 정확한 변환을 제공하도록 하기 위해 중요하다. 미세한 동기화 알고리즘은 공지된 파일럿 데이터의 로컬 사본 및 헤더에 의해 전달되는 수신된 파일럿 신호들 간의 상관에 기초한다. 프레임 얼라인먼트 획득이 발생하면, OFDM 프리픽스는 프리픽스 제거 로직(86)으로 제거되고 그 결과의 샘플은 주파수 오프셋 및 도플러 상관 로직(88)으로 전송되는데, 이 로직은 송신기 및 수신기에서 매칭되지않은 로컬 발진기에 기인한 주파수 오프셋 및 송신된 신호에 내포된 도플러 영향을 보상한다. 바람직하게, 동기화 로직(76)은 주파수 오프셋, 도플러, 및 클럭 추정 로직을 포함하는데, 이는 송신된 신호 상에 있는 그러한 영향을 추정하는데 도움을 주는 헤더에 기초하여 OFDM 심볼을 적절하게 처리하기 위해 상관 로직(88)에 추정을 제공한다.

이 점에서, 시간 도메인에 있는 OFDM 심볼은 FFT 처리 로직(90)을 이용하여 주파수 도메인으로의 변환 준비가 되어 있다. 결과적으로 처리 로직(92)으로 전송되는 주파수 도메인 심볼이 된다. 처리 로직(92)은 분산형 파일럿 추출 로직(94)을 사용하여 SP 신호를 추출하고, 채널 추정 로직(96)을 사용하여 추출된 파일럿 신호를 기초로 채널 추정을 결정하며, 채널 재구성 로직(98)을 사용하여 모든 서브-캐리어에 채널 응답을 제공한다. 각 수신 경로에 대한 주파수 도메인 심볼 및 채널 재구성 정보는, STC 디코더(100)에 제공되며, 이 디코더는 양측 수신 경로 상에서 STC 디코딩을 제공하여 전송된 심볼을 복구한다. 채널 재구성 정보는 STC 디코더(100)에게 충분한 정보를 제공하여 각 주파수 도메인 심볼을 처리하고 전송 채널의 영향을 제거한다.

복구된 심볼은 심볼 디인터리버(de-interleaver) 로직(102)를 이용하여 다시 순서대로 배치되며, 이 로직은 전송기의 심볼 인터리버 로직(58)에 대응한다. 디인터리브된 심볼은 복조되거나 디매핑(de-mapping) 로직(104)을 이용하여 대응하는 비트스트림으로 디매핑된다. 이후 비트는 비트 디인터리버 로직(106)을 이용하여 디인터리브되고, 이 로직은 전송기 아키텍처의 비트 인터리버 로직(54)에 대응한다. 이후, 디인터리브된 비트는 레이트 디매칭(de-matching) 로직(108)에 의해 처리되고 채널 디코더 로직(110)에 제시되어 초기에 스크램블된 데이터 및 CRC 체크섬을 복구한다. 따라서, CRC 로직(112)은 CRC 체크섬을 제거하고, 스크램블된 데이터를 전형적인 방식으로 체크하고, 이것을 알려져 있는 기지국 디스크램블링(de-scrambling) 코드를 이용하여 디스크램블을 수행하는 디스크램블 로직(114)에 제공하여 초기에 전송된 데이터를 복구한다.

OFDM은 병렬 전송 기술이기 때문에, 유용한 전체 대역폭은 많은 서브 캐리어로 분할되며, 이 캐리어는 독립적으로 변조된다. 공통 동기 채널, 파일럿 채널, 및 브로드캐스팅 채널은 서브 캐리어 위치에 기초하여 주파수 도메인에서 OFDM 심볼의 헤더내로 다중화된다. 공통 동기 채널은 타이밍 동기, 주파수 및 도플러 추정, 및 초기 채널 추정의 초기 획득에 이용된다.

일실시예에서, 256개의 공통 동기 서브 캐리어는 각 전송 경로 간에 더 분할되며 각 경로는 128개의 공통 동기 서브 캐리어의 각각과 관련된다. 256 사이즈의 공통 컴플렉스 PN 코드는, 전송 경로에 의해 공유되며, 공통 동기 채널용으로 예약된 서브 캐리어를 변조하는데 사용된다.

파일럿 채널은 동기, 초기 채널 추정, 기지국 식별, 및 셀 (또는 기지국) 선택을 위한 캐리어 대 인터페이스 비CIR) 측정용으로 이용된다. 일실시예에서, 256개의 서브 캐리어는 전용 파일럿용으로 예약되며 여기서 각 전송 경로는 128개의 파일럿 서브 캐리어를 갖는다. 길이 256의 고유한 컴플렉스 PN 코드는 각 기지국(14)에 할당되며 그 전용 파일럿에 매핑된다. 상이한 기지국(14)에 할당된 PN 코드의 직교성은 기지국 식별 및 초기 간섭 측정을 제공한다.

일실시예에서, 프레임 구조는 매 10ms 프레임의 시작마다 2개의 동일한 헤더 심볼을 갖는다. 프레이밍 획득은 반복되는 헤더에 기초한다. 이동 단말기(16)가 턴온되면, 이 단말기는 시간 도메인 코스(coarse) 동기 처리를 시작한다. 러닝 버퍼는 여러 OFDM 심볼을 버퍼링하고 이후 2개의 연속 OFDM 심볼 간의 자동 상관을 계산하는데 사용된다. 코스 동기 위치는 자동 상관의 최대 출력에 대응하는 시간 인덱스이다.

프레이밍 획득 후, 제1 헤더 심볼의 시작 위치의 대략적인 범위만이 알려지게 된다. 주파수 도메인에서 OFDM 변조를 수행하기 위해, OFDM 심볼의 시작 위치는, FFT가 신호를 시간 도메인으로부터 주파수 도메인으로 전송할 수 있도록 정확해야 한다. 따라서, OFDM 심볼의 제1 헤더에서 제1 샘플의 위치가 결정된다. 미세 동기화는, 수신된 신호의 헤더에서의 파일럿 데이터와 알려져 있는 파일럿 데이터의 로컬 카피 간의 상관에 기초한다.

채널 추정에 대하여 살펴보면, 각 서브 밴드는, 변조된 서브 캐리어에 의해 표현되며, 전체 채널 대역폭중 작은 일부만을 커버한다. 각 개별 서브 밴드에 대한 주파수 응답은 비교적 평탄하고, 이것은 간섭성 복조를 비교적 쉽게 한다. 전송 채널은 전송된 신호를 진폭 및 위상에 대하여 손상시키기 때문에, 간섭성 검출을 수행하는데 신뢰할만한 채널 지식이 필요하다. 주목하는 바와 같이, 일실시예는 채널 파라미터 추정용 파일럿 신호를 이용하여 이동 단말기(16)의 이동에 의해 야기되는 채널 특징을 추적한다. 따라서, 산란된 파일럿 신호는 정규적인 패턴에 삽입된다. 파일럿 신호는 STC 디코딩에 필요한 현재 채널 정보를 얻기 위해 주기적으로 보간된다.

상기한 바에 기초하여, 시스템 액세스는 다음과 같은 특징을 갖는다. 먼저, 타임 도메인에서 프리앰블 헤더에 기초하여 코스 동기 상관을 수행하여 코스 동기 위치를 결정한다. 코스 동기 위치에서, 미세 동기화 탐색 윈도우를 식별한다. FFT가 계산되고, 시스템은 공통 동기 채널로 스위칭되어 미세 동기화 탐색 윈도우 내에서 미세 동기화를 수행한다. 다음으로, 가장 강력한 상관 피크를 식별하고, 상대 시간 인덱스를 후보 타이밍 동기 위치로서 이용한다. 각 후보 타이밍 동기 위치에서 FFT가 계산되고, 시스템은 파일럿 채널로 전환된다.

모든 기지국(14)용 PN 시퀀스는 상관되며, 상관 피크가 선택되어 모든 후보 타이밍 동기 위치에 대응하는 인덱스를 규정한다. 이러한 기지국(14)용 CIR가 식별된다. 가장 높은 CIR를 갖는 기지국이 서빙 기지국으로서 선택되고, 소정의 임계값보다 큰 CIR를 갖는 기지국(14)도 활성 세트 리스트용으로 선택된다. 하나의 기지국보다 많은 기지국(14)이 활성 세트 리스트 상에 존재하면, 본 발명의 소프트 핸드오프 절차를 개시한다. 이후, 선택된 (복수의) 기지국(14)의

각각에 대한 PN 코드를 이용하여 FFT가 계산되고 미세 동기화가 제공된다.

동작중에, 이동 단말기(16)의 전송기 아키텍처는 시스템 액세스를 다음과 같이 용이하게 한다. 일반적으로, 기지국(14)으로부터 이동 단말기(16)로의 다운로드 통신은 이동 단말기(16)에 의해 개시된다. 각 이동 단말기(16)는 인접하는 기지국(14)으로부터 전송가능한 모든 파일럿 신호 세기를 항상 측정하고, 가장 강력한 파일럿 신호를 식별하며, 이들을 규정된 임계값과 비교한다. 기지국(14)용 파일럿 신호 세기가 규정된 임계값을 초과하면, 그 기지국(14)은 활성 세트 리스트에 추가된다. 각 이동 단말기(16)는 자신들의 활성 세트 리스트를 기지국(14)에 통지할 것이다. 활성 세트 리스트에 하나의 기지국(14)만이 존재하면, 그 기지국(14)이 선택되어 이동 단말기(16)를 서빙한다. 활성 세트 리스트 상에 하나보다 많은 기지국(14)이 존재하면, 이들 기지국 간에 소프트 핸드오프가 인에이بل된다. 소프트 핸드오프 상태는 하나의 기지국(14)만이 활성 세트 리스트 상에 존재할 때까지 계속되며, 여기서 그 하나의 기지국(14)은 계속해서 이동 단말기(16)를 서빙한다. 소프트 핸드오프동안, 활성 세트 리스트 상의 모든 기지국(14)은, 이하 규정하는 바와 같이 이동 단말기(16)와의 통신을 용이하게 할 것이다. 바람직하게, 기지국 제어기(10)는 각 이동 단말기(16)용의 모든 활성 세트 리스트를 추적한다. 이동 단말기(16)는 개별적인 세트 리스트를 추적한다.

따라서, 세트 리스트를 기지국 제어기(10) 및 서빙 기지국(14)에 제공함으로써, 이동 단말기(16)는, 유일하게 서빙 기지국(14)을 식별하거나 다중 기지국이 활성 세트 리스트 상에 존재할 때 소프트 핸드오프(SHO) 모드를 트리거한다. SHO 모드는 스케줄링과 STC 코딩의 조합을 이용하여 효율적이며 신뢰할만한 핸드오프에 영향을 준다. SHO 모드동안, 기지국 제어기(10)는 이동 단말기(16)용 데이터 패킷을 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)에 멀티캐스트하거나 난멀티캐스트한다. 멀티캐스팅은, 각 데이터 패킷이 이동 단말기(16)로의 전송을 위해 활성 세트 리스트 상의 각 기지국(14)에 전송되는 것을 가리킨다. 난멀티캐스팅은, 이동 단말기(16)로의 전송을 위해 데이터 패킷이 일부 방식으로 서브 패킷으로 분할되고 각 서브 패킷이 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)중 하나에 전송되는 것을 가리킨다. 멀티캐스팅과는 달리, 리턴던트 정보는 활성 세트 리스트 상의 각 기지국으로부터 전송되지 않는다.

멀티캐스팅 또는 난멀티캐스팅 실시예에서, 기지국(14)은 전송된 데이터의 STC 인코딩을 제공하고 이동 단말기(16)는 대응하는 STC 디코딩을 제공하여 전송된 데이터를 복구한다. STC 코딩은 공간-시간-전송 다이버시티(STTD) 또는 V-BLAST-타입 코딩일 수 있다. STTD 코딩은 데이터를 다중 포맷으로 인코딩하고 공간 다이버시티를 갖는 다중 포맷을 (즉, 상이한 위치에서의 안테나(28)로부터) 동시에 전송한다. V-BLAST-타입 코딩은, 데이터를 상이한 그룹으로 분리하고, 공간 다이버시티를 갖는 각 그룹을 별도로 인코딩 및 동시에 전송한다. 당업자는 다른 코딩도 인식할 수 있다. 이동 단말기(16)는 각 기지국(14)으로부터 전송된 데이터를 개별적으로 복조 및 변조하고, 이후 각 기지국(14)으로부터의 디코딩된 데이터를 결합하여 초기 데이터를 복구한다.

다음에 따르는 설명은, 기지국(14)을 식별하여 활성 세트 리스트에 두고, 그 기지국(14)에서 데이터를 스케줄링하며, 기지국(14)으로부터 이동 단말기(16)로의 스케줄링된 데이터를 전송하는 예시적인 처리에 관한 것이다.

도 1에 도시한 바와 같은 다중-입력-다중-출력(MIMO) OFDM 시스템에 대하여, 파일럿 신호는 각 기지국(14)용 각 프레임의 프리앰블에 임베딩된다. 이동 단말기(16)는 파일럿 신호의 의사 잡음 시퀀스에 기초하여 각 기지국(14)을 식별할 수 있다. 이동 단말기(16)는 각 인접하는 기지국(14)용의 파일럿 신호에 기초하여 캐리어 대 간섭 비(CIR)를 측정할 수 있다. 파일럿 신호의 세기에 기초하여, 이동 단말기(16)는 활성 세트 리스트를 결정할 수 있다. 활성 세트 리스트 상에 하나보다 많은 기지국이 존재하면, 이동 단말기(16)는 기지국(14)과의 업링크 시그널링을 통해 SHO 절차를 트리거하며, 이 기지국은 다시 업링크 시그널링을 통해 기지국 제어기(10)와 통신한다.

도 6을 참조하면, 통신 환경용 예시적인 활성 세트 리스트가 도시되어 있다. 단일 기지국 제어기(10)가 9개의 기지국(BS1 - BS9)의 동작을 제어한다고 가정한다. 또한, 이동 단말기(A - O)로 식별된 15개의 이동 단말기(16)가 통신 환경 내에 존재하며 이들 이동 단말기(A - O) 모두는 기지국(BS1 - BS9)중 2개 또는 3개의 기지국에 의해 서비스를 제공할 수 있는 핸드오프 영역에 있다고 가정한다. 활성 세트 리스트 테이블의 음영 영역은, 각 이동 단말기(A - O)용 기지국(BS1 - BS9)의 활성 세트 리스트를 식별한다. 본 실시예에서, 이동 단말기(A, B, F, G, K, L)는 두 웨이(two-way) SHO 절차에 포함되며, 여기서 기지국(BS1 - BS9)중 2개는 대응하는 이동 단말기의 활성 세트 리스트 상에 있다. 유사하게, 이동 단말기(C, D, E, H, I, J, M, N, O)는 쓰리 웨이(three-way) SHO 절차에 포함되고, 여기서 기지국(BS1 - BS9)중 3개는 대응하는 이동 단말기의 활성 세트 리스트 상에 존재한다. 예를 들어, 이동 단말기(B)의 활성 세트 리스트는 기지국(BS3, BS5)을 식별하고, 이동 단말기(H)의 활성 세트 리스트는 기지국(BS1, BS6, BS7)을 식별한다. 주목하는 바와 같이, 활성 세트 리스트 상에 다중 기지국(BS1 - BS9)이 존재한다는 것을 이동 단말기(A - O)가 결정하게 되면, 이동 단말기(16)는 현재 서빙 기지국(14)과의 업링크 시그널링을 통해 SHO 절차를 트리거한다. 기지국(14)은 SHO 절차를 시작한다는 것을 기지국 제어기(10)에 알린다.

종래의 OFDM 핸드오프는 하드 핸드오프였고, 서빙 기지국(14)은 임의의 주어진 이동 단말기(16)용 전송을 위한 데이터 스케줄링을 자율적으로 담당하였다. 임의의 시간에 하나의 기지국(14)만이 이동 단말기(16)를 서비스하였기 때문에, 조인트 스케줄링을 이용할 필요가 없었다. 반면에, 본 발명은 이동 단말기(16)의 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)용으로 공동 스케줄링을 이용한다. 이처럼, 서빙 기지국(14)이 아닌 기지국 제어기(10)를 이용하여 각 이동 단말기(16)용 SHO 모드동안의 전송을 위한 데이터 패킷을 스케줄링한다. 기지국 제어기(10)가 관련된 기지국(14)을 위한

모든 스케줄링을 제공하지 않지만, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 SHO 모드에 있지 않는 이동 단말기(16)용 데이터 스케줄링을 서빙 기지국(14)에 위임한다.

시스템의 복잡성을 최소화하기 위해, 기지국 제어기(10)에서는 액티브 이동 단말기(16)을 2개의 카테고리 즉, (1) SHO 및 (2) 비-SHO로 분류한다. 비-SHO 이동 단말기(16)의 경우, 각각의 기지국(14)은 이동 단말기(16)에 의해 그 특정 기지국(14)에서 보고된 채널 품질에 기초하여 독립적으로 패킷 송신을 스케줄하게 된다. 예를 들어, 스케줄링은 최대 CIR 스케줄링, 순차 실행 스케줄링(round robin scheduling) 혹은 당해 분야에서 공지되어 있는 기타 어느 스케줄링 규정(provision)에 기초한 것일 수도 있다. SHO 이동 단말기(16)의 경우, 기지국 제어기(10)는 간단한 순차 실행 스케줄러를 사용할 수도 있으며, 소정의 시간 슬롯에서 활성 세트 리스트상의 기지국(14)에 대해 멀티캐스트 혹은 난 멀티캐스트(non-multicast)를 행할 수도 있다.

멀티캐스트의 경우, 각각의 데이터 패킷은 이동 단말기(16)로의 전송을 위해 활성 세트 리스트상의 각각의 기지국(14)에 송신된다. 난멀티캐스트의 경우, 데이터 패킷들은 어떠한 방식으로 서브패킷들로 분할되며, 각각의 서브 패킷은 이동 단말기(16)로의 전송을 위해 활성 세트 리스트상의 기지국(14)들 중 하나에 송신된다. 후자의 경우, 기지국들(14)간에는 리턴던시는 전혀 없다. 각각의 기지국(14)은 송신되는 데이터의 고유 부분(unique piece)을 송신한다. SHO 모드 스케줄링이 요구되지 않는 경우, 서빙 기지국(14)은 비-SHO 모드에서 데이터를 스케줄링하여 이동 단말기(16)에 송신하게 될 것이다. SHO 모드에서 이동 단말기(16)을 위해 기지국 제어기(10)에 의해 제공되는 순차 실행 스케줄링은 SHO 모드 이동 단말기 대 비 SHO 모드 이동 단말기의 개수의 비로 결정될 수 있다. 이와 달리, 스케줄링은 최대 용량, 최소 지연 등으로 제어될 수도 있다. SHO 모드를 위한 패킷 전송은 고속 다운로드 시그널링을 통해 신호가 보내질 수 있다.

기지국 제어기(10)를 위한 예시적인 순차 실행 스케줄링은 도 6에 제공되고 있는 활성 세트 리스트 정보를 고려하여 도 7a에 예시되고 있다. 예시되고 있는 바와 같이, 기지국(14)과 이동 단말기(16)간의 통신은 스케줄링 주기로 소정의 시간 슬롯에 할당된다. 기지국 제어기(10)는 SHO 모드에서 동작하는 이동 단말기(16)을 위한 지정된 시간 슬롯 동안의 통신을 스케줄링하고, 각각의 기지국(14)에서의 전통적인 비-SHO 모드 스케줄링을 위해 셰이드 시간 슬롯(shaded time slots)을 오픈 상태로 남겨두게 된다. 따라서, 기지국 제어기(10)는 공통 시간 슬롯을 위해 소정의 이동 단말기(16)에 의해 SHO 모드에 참가하는 기지국(14)들 각각에 송신될 데이터를 스케줄링하게 될 것이다. 예를 들어, 이동 단말기 I에 송신될 데이터는 기지국(BS1, BS6, BS7)을 위해 시간 슬롯(1) 동안 스케줄링된다. 이동 단말기 C에 송신될 데이터 또한 시간 슬롯(1) 동안 스케줄링되고, 기지국(BS3, BS4, BS5)에 송신된다. 마찬가지로, 이동 단말기 O에 송신될 데이터 또한 시간 슬롯(1) 동안 스케줄링되고, 그 자신의 활성 세트 리스트 상의 기지국(BS2, BS8, BS9)에 전달된다. 따라서, SHO 모드에서 이동 단말기(16)에 송신될 데이터는 활성 세트 리스트내 기지국(14) 각각을 위한 공통 시간 슬롯 동안 스케줄링된다. 순차 실행 스케줄링에 요구되는 처리를 최소화하기 위해, SHO 모드에 참가하는 여러 이동 단말기(16)에 대한 시간 슬롯 할당은 하나 이상의 이동 단말기(16)을 위한 활성 세트 리스트에 변화가 있을 때까지는 하나의 스케줄링 주기에서 다음 스케줄링 주기까지 일관성 있게 유지된다. 예시한 바와 같이, 시간 슬롯(1) 및 시간 슬롯(13)을 위한 이동 단말기(16)의 통신 할당은 어느 정도까지는 동일하다. 일단 기지국(14)이 SHO 모드 데이터의 멀티캐스팅 혹은 난멀티캐스팅을 제공하게 되면, 기지국(14)은 SHO 모드에서 동작하지 않는 이동 단말기(16)을 위해 셰이드 시간 슬롯 동안 스케줄링을 제공할 수 있다.

도 7b는 대안적 스케줄링 배치를 예시하고 있으며, 여기서 SHO 모드 및 비-SHO 모드 이동 단말기(16)을 위한 스케줄링은 하나의 스케줄링 주기에서 또 다른 스케줄링 주기로 반복되지는 않지만, 각각의 스케줄링 주기 동안 재산출되어 재할당된다. 시간 슬롯(1) 동안, 이동 단말기 I에 송신될 데이터는 기지국(BS1, BS6, BS7)로 전송되며, 여기서 이동 단말기 L로 송신될 데이터는 기지국(BS2, BS9)에 전송된다. 기지국(BS3, BS4, BS5, BS8)은 비-SHO 모드 이동 단말기(16)로의 데이터 스케줄링을 자유롭게 할 수 있다. 연속적인 스케줄링 주기에서 해당 시간 슬롯(13)이 시간 슬롯(1)의 할당과 일치하지는 않는다. 기지국 제어기(10)는 상이한 스케줄링 및 스케줄링 주기 동안의 슬롯 할당 절차를 산출하게 될 것이며, 여기서 SHO 모드에서 동작하는 이동 단말기 J와 O는 데이터가 기지국 BS1, BS6, 및 BS7 그리고 기지국 BS2, BS8, 및 BS9에 각각 송신되도록 스케줄링된다. 당해 분야의 숙련된 자라면 SHO 모드에서는 동작하지 않는 이동 단말기를 위한 스케줄링을 제공하기 위해 기지국(14)에 대한 시간 슬롯을 할당하면서, 기지국 제어기(10)를 통해 SHO 모드 단말을 위한 스케줄링을 촉진시키는 수많은 방식을 인식하게 될 것이다.

스케줄링 기법에 상관없이, 활성 세트 리스트 상의 각각의 기지국(14)은 할당된 시간 슬롯 동안 동시에 공간-시간 코딩을 수행하게 될 것이다. 따라서, 이동 단말기(16)는 복수의 기지국(14)으로부터 송신된 전체 공간-시간 코드화 데이터 패킷을 수신하게 될 것이다. 이동 단말기(16)는 송신된 데이터를 각각의 기지국(14)으로부터 별도로 복조 및 디코딩하고, 그 후, 디코딩된 데이터를 각각의 기지국(14)으로부터 조합하여 본래의 데이터로 복원한다.

도 8a 내지 도 8c를 참조하면, 능동 SHO 처리의 예시적인 흐름이 설명되고 있다. 먼저, 이동 단말기(16)는 각각의 기지국의 파일럿 신호 세기를 측정하며(단계 200), 식 1을 이용하여 CIR(Carrier-to-Interference)을 계산한다(단계 202).

식 1:

$$CIR_0 = C / (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N),$$

여기서, C는 서빙 기지국(14)의 파일럿 신호 세기의 측정치이며, I_1 내지 I_N 은 인접 기지국(14)(BS1 내지 BSN)에 대한 파일럿 신호 세기의 측정치들이다. 산출된 CIR이 임계 CIR(Th_0)보다 크면(단계 204), 이동 단말기(16)는 활성 세트 리스트에 서비스중인 기지국(14)을 유지하게 될 것이며, 인접 기지국(14) 중 어느 기지국도 활성 세트 리스트에 부가되지 않을 것이다. 따라서, 이동 단말기(16)는 서빙 기지국(14)으로부터만 통신을 수신하게 될 것이며, SHO 모드에는 있지 않을 것이다(단계 206). 만일 산출된 CIR이 임계 CIR Th_0 보다 크지 않으면, 이동 단말기(16)는 식 2를 이용하여 또 다른 CIR을 산출하게 될 것이다(단계 208).

식 2:

$$CIR_1 = (C + I_1) / (I_2 + I_3 + \dots + I_N).$$

만일 CIR_1 이 임계 CIR보다 크면(단계 210), 이동 단말기(16)는 서빙 기지국(14) 그리고 I_1 이 측정된 인접 기지국(14)과 함께 양방향 SHO를 트리거하게 될 것이다(단계 212). 만일 CIR_1 이 임계 CIR보다 크지 않으면(단계 210), 이동 단말기(16)는 식 3을 이용하여 또 다른 CIR을 산출하게 된다(단계 214).

식 3:

$$CIR_2 = (C + I_1 + I_2) / (I_3 + \dots + I_N).$$

만일 CIR_2 가 임계 CIR보다 크면(단계 216), 이동 단말기(16)는 서빙 기지국(14)과 I_1 및 I_2 와 연관된 인접 기지국(14)에 의해 3 방향 SHO 모드를 트리거하게 될 것이다(단계 218). 만일 CIR_2 가 임계 CIR보다 크지 않으면(단계 216), 이동 단말기(16)는 식 4에 따라 새로운 CIR을 계산하게 될 것이며(단계 220),

식 4:

$$CIR_3 = (C + I_1 + I_2 + I_3) / (I_4 + \dots + I_N),$$

그리고, 충분한 결합 CIR이 임계 CIR Th_0 를 초과할 때 까지는 인접 기지국(14)으로부터의 인접 간섭 성분을 부가함으로써 처리가 계속될 것이다.

본 예의 경우, 양방향 SHO 절차가 트리거된 것으로 하였으며, 여기서 흐름은 도 8b로 진행한다. 일단 이동 단말기(16)가 임계 CIR보다 큰 CIR을 얻게 되면, 단말은 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)을 확인하는 정보 그리고 산출된 CIR을 서빙 기지국에 전송하게 될 것이다(단계 222). 서빙 기지국(14)은 활성 세트 리스트와 산출된 CIR을 기지국 제어기(10)에 보고하게 된다(단계 224). 기지국 제어기(10)가 활성 세트 리스트 또는 그 서브세트 상의 기지국(14)에 대한 SHO 모드를 부여하고, 적합한 기지국(14)으로 SHO 절차를 수립한다(단계 226). 기지국 제어기(10)에서 스케줄러가 상술한 바와 같은 SHO 모드에 대한 시간 슬롯을 할당할 것이고, 활성 세트 리스트 또는 그 서브세트 상의 기지국(14)으로 데이터 패킷을 송신할 것이다(단계 228). 활성 세트 리스트 상의 기지국은 접속 공간-시간 코딩을 실행하고 기지국 제어기(10)의 스케줄러에 의해 할당된 슬롯에서 데이터를 전송할 것이다(단계 230).

다음에, 이동 단말기(16)가 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)으로부터 신호를 결합하여 디코드하고 전송된 데이터를 디코드하도록 시도할 것이다(단계 232). 이어서 이동 단말기(16)는 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)으로부터 수신되는 데이터를 디코드하도록 시도할 것이다(단계 234). 그 데이터가 적합하게 디코드되면(단계 236), 이동 단말기(16)가 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)에 긍정응답(ACK)을 송신할 것이다(단계 238).

데이터가 적합하게 디코드되지 않으면(단계 236), 이동 단말기(16)는 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)에 부정응답(NACK)을 송신할 것이다(단계 240). 대응하여, 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)은 접속 공간-시간 코딩을 실행하고 데이터를 재전송할 것이다(단계 242). 이어서 이동 단말기(16)는 자동 반복 요구(ARQ) 또는 하이브리드 ARQ(HARQ) 소프트 결합을 실행할 수 있고(단계 244), 처리를 반복할 것이다.

SHO 모드로의 변환 동안, 서비스 기지국(14)이 전송될 필요가 있는 데이터를 보유하고 기지국 제어기(10)에 의해 멀티캐스트 또는 난멀티캐스트 전송에 대하여 스케줄될 수 없을 것이다. 따라서, 서비스 기지국(14)이 SHO 모드로 완전히 들어가기 전에 이동 단말기(16)에 잔여 데이터를 전송해야 한다. 일실시예에서, 싱글캐스트 기술은 서비스 기지국(14)이 잔여 데이터를 이동 단말기(16)에 전송하고 활성 세트 리스트 상의 다른 기지국(14)이 서비스 기지국(14)에 의해 사용되는 채널 또는 밴드에서의 정보를 전송하지 않는 경우에 사용된다. 싱글 캐스팅에서의 추가의 정보는 본 명세서의 이하에서 보다 상세하게 제공된다. 다시 도 8b에서, SHO 모드로의 변환 동안, 서비스 기지국(14)이 데이터를 이동 단말기(16)로 싱글캐스트할 것이고, 여기서 활성 세트 리스트 상의 다른 기지국은 전송하지 않을 것이다(단계

246). 또한, SHO 모드 이동 단말기(16)에 대한 데이터를 스케줄링하는 처리를 통해, 각각의 기지국(14)이 SHO 모드가 아닌 이동 단말기(16)에 대한 데이터를 자율적으로 스케줄링할 것이다(단계 248).

도 8c에서, 처리를 통해 이동 단말기(16)가 모든 인접 기지국(14)의 파일럿 신호 세기를 계속 측정하여(단계 250) CIRs를 계산할 것이다. 따라서, 이동 단말기(16)가 식 2를 이용하여 CIR을 계산할 수 있고(단계 252), 그 결과 CIR이 임계값 CIR_{Th_0} 보다 큰지를 판단한다(단계 254). CIR_1 이 임계값 Th_0 보다 크면(단계 254), 이동 단말기(16)는 활성 세트 리스트를 갱신하고 서비스 기지국(14)에 보고한다(단계 256). 또한, 기지국 제어기(10)는 이동 단말기(16)에 대한 SHO 모드로부터 기지국 BS2를 제거할 것이다(단계 258). 서비스 기지국(14)의 CIR이 기지국 BS2를 사용하지 않고 충분하기 때문에 기지국 BS2는 제거된다. 따라서, 처리는 도 8b의 단계 226으로 계속될 것이다.

CIR_1 의 값이 임계값 CIR_{Th_0} 보다 크지 않으면(단계 254), 이동 단말기(16)는 식 3을 이용하여 CIR을 계산할 것이다(단계 260). CIR_2 값이 임계값 CIR_{Th_0} 보다 크면(단계 262), 2개의 방식의 SHO 모드가 여전히 필요하며, 처리는 도 8b의 단계 226에서 계속될 것이다. CIR_2 값이 임계값 CIR_{Th_0} 보다 크지 않으면(단계 262), 이동 단말기(16)가 식 4를 이용하여 CIR의 값을 계산할 것이다(단계 264). 따라서, CIR_3 값이 임계값 CIR_{Th_0} 보다 크지 않으면(단계 266), 이동 단말기(16)는 충분히 많은 수의 기지국(14)이 활성 세트 리스트에 추가되어 CIR 값이 임계값 CIR_{Th_0} 을 초과할 때까지 CIR_4 값 등등을 계산할 것이다(단계 272).

CIR_3 값이 임계값 CIR_{Th_0} 보다 크면(단계 266), 이동 단말기(16)가 I_3 와 관련된 기지국 BS3를 포함하는 활성 세트 리스트를 생성하고 갱신된 액티브 리스트를 서비스 기지국(14)에 보고할 것이다(단계 268). 이 시점에서, 기지국 제어기(10)가 기지국 BS3을 SHO 모드에 추가할 것이고(단계 270), 처리는 도 8b의 단계 226에서 계속될 것이다.

데이터는 공간-시간 코딩 스킴을 이용하여 기지국(14)으로부터 이동 단말기(16)로 전송된다. 이하에는 각각의 기지국(14)의 주파수 도메인의 전송 분할과 관련된 2개의 공간-시간 코딩 스킴을 설명한다. 각각의 스킴에 대하여, 2개의 실시예를 설명한다. 도 9 및 도 10은 3개의 기지국(14)(BS1, BS2, 및 BS3)에 관련된 SHO 모드에서 이동 단말기(16)에 대한 MIMO-OFDM 스킴을 나타낸다. 주파수 도메인에서 전송 분할은 각각의 기지국(14)에서의 공간-시간 코딩과 협력하여 구현된다. 이러한 전송 분할은 참가하는 기지국(14) 중 이용가능한 OFDM 주파수 서브밴드를 분리하게 한다. 각각의 기지국(14)만이 대응하는 서브밴드 상에서 전송되도록 스케줄링되는 데이터를 조정한다. 도 10은 소정 기간 동안 공간-시간 코딩을 구현하는 듀얼 경로 중 한 경로에 대하여 3개의 기지국(14)(BS1, BS2, 및 BS3) 중의 서브밴드 매핑을 나타낸다. 다른 경로가 동일한 서브밴드를 사용하지만, 다른 코딩을 구현할 것이다. 매핑 제어 신호(도 4)는 서브밴드의 매핑을 제어하는데 이용된다. 기지국(4)은 여기서 설명되는 바와 같이 매핑 제어 및 STC 인코딩에 대한 다른 서브밴드를 선택하고 전력 증폭을 제어하기 위하여 기지국 제어기(10)를 통해 조정된다.

제1 기지국(14)(BS1)에 대하여, 기저 1/3의 서브밴드가 트래픽 데이터를 변조하고 전송하는데 사용되고, 나머지 2/3의 서브밴드는 사용되지 않는다. 특히, 파일럿 신호는 미사용 서브밴드를 제외하고 트래픽 데이터 모두에 확산된다. 제2 기지국(14)(BS2)에 대하여, 중간 1/3의 서브밴드가 트래픽 데이터를 변조하고 전송하는데 사용되고, 나머지 2/3의 서브밴드가 사용되지 않는다. 제3 기지국(14)(BS3)에 대하여, 상부 1/3의 서브밴드가 트래픽 데이터를 변조하고 전송하는데 사용되고, 나머지 2/3의 서브밴드는 사용되지 않는다. 최적의 성능을 위하여, 전력은 액티브 서브밴드에 대하여 증폭되어 완전한 전력 전송을 실현하고 사용되지 않은 밴드에 대하여 차단된다. 따라서, 이동 단말기(16)는 기지국(14)(BS1, BS2, 및 BS3) 각각으로부터 주파수 밴드의 다른 1/3을 효과적으로 수신하고 STC 및 스케줄링 파라미터에 기초하는 대응하는 데이터를 회복할 것이다. 바람직하게, 전체 전체 밴드에 대한 평균 전력은 소정의 한계 내에 남아있다.

난멀티캐스트 스케줄링에 대하여, 다른 서브패킷이 각각의 기지국(14)(BS1, BS2, BS3)에 송신되고, 이는 데이터를 주파수 분할 매핑을 하도록 구성하고 상술된 바와 같이 2개의 안테나에 대하여 공간-시간 코딩을 제공할 것이다. 따라서, 각각의 기지국(14)이 고유의 데이터를 전송하고 있다. 각각의 액티브 서브밴드는 $10\log_{10}(x)$ dB에 의해 전력 증폭되고, 여기서 x 는 SHO 모드에서 기지국(14)의 수이고 본 예에서 3이다. 이동 단말기(16)는 전체 주파수 밴드, 각각의 기지국(14)으로부터의 일부를 수신하고, 공간-시간 디코딩을 실행하여 패킷 데이터를 검색한다.

난멀티캐스트 스케줄에 대하여, 동일한 패킷이 각각의 기지국(14)(BS1, BS2, 및 BS3)에 송신되고, 이는 데이터를 주파수 분할 매핑을 하도록 구성하고 상술한 바와 같이 2개의 안테나에 대하여 공간-시간 코딩을 제공할 것이다. 따라서, 각각의 기지국(14)이 다른 포맷이지만 동일한 시간에 동일한 데이터를 전송하고 있다. 또한, 각각의 액티브 서브밴드는 $10\log_{10}(x)$ dB에 의해 전력 증폭된다. 이동 단말기(16)는 전체 주파수 밴드, 각각의 기지국(14)으로부터의 일부를 수신하고 공간-시간 디코딩 및 다이버시티 결합을 실행하여 패킷 데이터를 검색한다. 상기 2개의 옵션은 SHO 이득을 달성할 수 있고, 이는 CIR 향상을 제공하여 인터페이스로부터의 SHO 기지국(14)의 전송 전력을 유용한 신호로 변환한다. 제1 옵션은 마크로다이버시티 결합 이득없이 높은 데이터 처리량을 가능하게 하고, 제2 옵션은 낮은 처리량을 생성하지만 매크로-다이버시티 이득을 제공한다. 일반적으로, SHO에서 참가하는 기지국(14)의 수는 제2 옵션으로 감소될 수 있다. 특히, 서브밴드 분할에 대한 몇몇 가능한 설계가 있고, 이는 인터레이싱 등을 포함할 수 있다. 여기서의 교시에 기초하여, 본 기술분야의 숙련된 자는 참가하는 기지국(14) 중에서 서브밴드를 분리하는 다양한 조합을 인식할 것이다.

도 11 및 도 12는 접속 기지국 다이버시티를 갖는 또 다른 MIMO-OFDM SHO 스킴을 나타낸다. 이 실시예에서, 각각의 기지국(14)(BS1, BS2, BS3)은 2개의 안테나(α 및 β)와 관련된다. 본 실시예에서 고유한 것은 공간 다이버시티가 기지국(14)을 가로질러 제공된다는 것이다. 설명된 바와 같이, STC 인코딩은 2개의 STC 데이터 스트림이 되고, 이는 다른 기지국(14)에서의 안테나로부터 각각 전송된다.

난멀티캐스트 스케줄링에 대하여, 패킷은 3개의 고유한 서브패킷으로 분할되고 기지국(14)(BS1, BS2, BS3)에 각각 송신된다. 기지국(14)(BS1) 안테나(α) 및 기지국(14)(BS2) 안테나(β)는 제1 서브-패킷에 대해 공간-시간 인코딩을 수행하고; 기지국(14)(BS2)안테나(α) 및 기지국(14)(BS3) 안테나(α)는 제2 서브-패킷에 대해 공간-시간 인코딩을 수행하고; 기지국(14)(BS3) 안테나(β) 및 기지국(14)(BS1) 안테나(β)는 제3 서브-패킷에 대해 공간-시간 인코딩을 수행한다. 각각의 안테나 쌍은 하나의 서브패킷을 전송하며, OFDM 시간-주파수 서브밴드의 1/3 상으로 매핑된다. 서브밴드의 나머지 2/3는 비어있으며 데이터 전송에 사용되지 않는다. 각각의 전송된 서브밴드는 $10\log_{10}(x)$ dB로 전력 증폭되며, x 는 SHO 모드의 기지국 수이며 본 예에서는 3이다. 이동 단말기(16)는 전체 주파수 대역을 수신하고 패킷 데이터를 검색하기 위해 공간-시간 디코딩을 수행한다.

난멀티캐스트 스케줄링(non-multicast scheduling)에 대해, 각각의 패킷은 세 개의 기지국(14)(BS1, BS2, BS3)에 보내진다. 기지국(14)(BS1) 안테나(α) 및 기지국(14)(BS2) 안테나(β)는 패킷에 대해 공간-시간 인코딩을 수행하고; 기지국(14)(BS2) 안테나(α) 및 기지국(14)(BS3) 안테나(α)는 패킷에 대해 공간-시간 인코딩을 수행하고; 기지국(14)(BS3) 안테나(β) 및 기지국(14)(BS1) 안테나(β)는 패킷에 대해 공간-시간 인코딩을 수행한다. 각각의 안테나 쌍은 그 패킷의 사본을 전송하며, OFDM 시간-주파수 서브밴드의 1/3 상으로 매핑된다. 서브밴드의 나머지 2/3는 비어있으며 데이터 전송에 사용되지 않는다. 각각의 전송된 서브밴드는 $10\log_{10}(x)$ dB로 전력 증폭된다. 또한, x 는 SHO 모드의 기지국(14) 수이며 본 예에서는 3이다. 이동 단말기(16)는 전체 주파수 대역을 수신하고 패킷 데이터를 검색하기 위해 공간-시간 디코딩을 수행한다.

도 11의 결합 STC 스킴은 도 9에 제공된 것을 통해 추가적인 공간-시간 코딩 이득을 제공한다. MIMO-OFDM SHO 공간-시간 코딩 배치에 대한 상기 예는 투-웨이, 쓰리-웨이 및 N-웨이 SHO 동작으로 용이하게 일반화될 수 있다. OFDM 시스템의 주파수 분할 속성 때문에, 대역의 일부는 SHO에 대해 사용될 수 있으며, 그 대역의 나머지는 각각의 기지국(14)에 의해 데이터 패킷을 비-SHO 사용자들에게 전송하는데 사용된다. 이는 멀티-사용자 어플리케이션을 위한 스케줄링에 보다 많은 유연성을 제공한다.

비-SHO 모드로부터 SHO 모드로의 변화동안, 기지국(14)은 잔여 데이터를 가질 것이며, 이 잔여 데이터는 이동 단말기(16)로 전송될 필요가 있으며, 기지국 제어기(10)에서 스케줄링될 수 없다. 따라서, 본 발명은 싱글-캐스팅(single-casting) 기술을 사용하며, 단지 하나의 기지국(14)만이 선택 서브밴드에서 SHO 모드동안 데이터를 전송하는 반면, 다른 참가 기지국들(14)은 그 데이터를 전송하기 위해 기지국(14)에 의해 사용된 서브밴드 사용을 억제하도록 데이터 전달이 조정될 수 있다. 이러한 방식으로, 다른 기지국들(14)의 서브밴드와 연관된 간섭이 최소화된다. 싱글-캐스팅 동안, 다수의 기지국들(14)로부터 부분적으로 또는 전체적으로 수신된 데이터를 조합하는 것과 연관된 결합 스케줄링 및 처리는 전체 데이터가 단지 하나의 기지국(14)으로부터 보내지기 때문에 불필요하다. 다시, 활성 서브-캐리어에 대한 전력 증폭이 유리하다. 일단 잔여 데이터가 이동 단말기(16)에 전송되기만 하면, SHO 모드에서 동작하는 이동 단말기(16)에 대해 멀티캐스팅 또는 난멀티캐스팅이 행해지고, 기지국 제어기(10)가 활성 세트 리스트 상의 기지국(14)에 대해 멀티캐스트 또는 난멀티캐스트 중 하나인 데이터를 스케줄링하며, 이어서 이동 단말기(16)로 전송된다.

앞서 명시된 바와 같이, STC 디코딩에 대한 중요 요소는 정확한 채널 추정이다. SP 패턴은 인접한 기지국의 파일럿 신호 재사용 계획을 위해 설계된다. SP 패턴이 시간-주파수 평면상에 순환 레이아웃(cyclic layout)을 가질 수 있다. 공간-시간 디코딩에 대해 고품질의 채널 추정을 달성하기 위해서, 인접한 기지국(14)로부터의 간섭은 최소화되어야 한다. 본 발명의 실시예에서, 전력은 각 기지국의 SP 신호에 대해 부스트될 수 있는 반면, 모든 다른 기지국(14)의 동일한 서브-캐리어 위치에 대해 이 서브-캐리어 송신들은 도 13에 도시된 바와 같이 널부(null) 전력을 생성하기 위해 턴오프되어야 한다. 이러한 배치로서, 그 SP 서브-캐리어들은 공동-채널 간섭이 거의 없다.

이동 단말기(16)와 기지국(14) 간의 거리가 각각의 세트에 대해 다르기 때문에, 다른 기지국들(14)로부터의 신호들 간의 관련 송신 지연이 존재한다. 기지국 식별 및 타이밍 동기화 단계 동안, 이동 단말기(16)는 활성 세트 리스트 내의 다른 SHO 기지국(14)에 대응하는 타이밍 동기화 위치들을 이미 측정했다. SHO 모드에서, 특정 기지국(14)으로부터의 가장 이른 도착 시간이 동기화 위치로서 사용된다. 결과적으로, 단지 하나의 기지국(14)만이 완벽한 타이밍 동기화로 될 수 있는 반면, 다른 것들은 임의의 시간 오프셋을 가진다.

일반적으로, OFDM 신호는 프리픽스와 최대 채널 지연의 차까지 시간 오프셋을 허용할 수 있다. 시간 오프셋이 이 허용오차 내에 있는 한, 서브채널의 직교성은 보존된다. 그러나, 시간 오프셋이 추가적인 위상 로테이션을 야기할 것이며, 이는 서브채널 인덱스에 대해 선형으로 증가한다. 비간섭 검출에 대해, 어떠한 채널 정보도 요구되지 않으므로, 미분 인코딩 방향이 시간을 따라 수행되면, 비-SHO 모드에서 사용되는 것과 동일한 STC 디코딩 방법이 이동 단말기(16)에 의해 적용될 수 있다. 그러나, 간섭 검출을 위해, 정확한 채널 정보가 필수적이다. 시간 오프셋은 채널 재형성동안 문제점들을 야기할 수 있다.

X, Y, H가 주파수 영역에서 전송된 신호, 수신된 신호, 채널 응답을 각각 나타내고 잡음은 무시한다고 하자. 2×2 경우(두 송신 및 수신 경로)에 대해:

$$Y(k) = H(k)X(k)$$

$$\text{여기서, } Y(k) = \begin{bmatrix} Y^1(k) \\ Y^2(k) \end{bmatrix}, X(k) = \begin{bmatrix} X^1(k) \\ X^2(k) \end{bmatrix}, H(k) = \begin{bmatrix} h_{11}(k) & h_{21}(k) \\ h_{12}(k) & h_{22}(k) \end{bmatrix} \text{ 이고, } k \text{는 서브 캐리어 인덱스이다.}$$

타임 오프셋이 존재하면, 상기 관계는 다음과 같이 변경되어야 하며

$$Y(k) = H'(k)X(k)$$

$$\text{여기서: } H'(k) = \begin{bmatrix} h'_{11}(k) & h'_{21}(k) \\ h'_{12}(k) & h'_{22}(k) \end{bmatrix}, h'_{ij}(k) = h_{ij}(k)\varphi_i(k), \varphi_i(k) = \exp(-i2\pi k\delta t^{(i)} / N_{FFT})$$

φ_i 는 i번째 송신 안테나에 대한 시간 오프셋에 의해 도입된 추가적인 위상 로테이션이고, $\delta t^{(i)}$ 는 i번째 송신 안테나로부터의 신호들에 대한 타이밍 동기화 에러에 의해 야기된 샘플들의 시간 오프셋이다. $\delta t^{(i)}$ 는 기지국 식별 및 타임 동기화 동안 공지된다.

이론적으로 등가 채널 응답(H')은 파일럿 신호들의 도움으로 추정되고 보상될 수 있다. 그러나, 채널 추정은 SP들에 기초하기 때문에, 관련 송신 지연을 보상하는데 주의를 기울여야 한다. SP의 밀도의 설계 원리는 채널 응답을 변경하는 시간 및 주파수의 재형성을 허용하는 것이다. 시간 방향으로의 파일럿들 간의 공간은 예상되는 최대 도플러 주파수에 의해 결정되는 반면, 주파수 방향으로의 파일럿들 간의 공간은 멀티-경로 페이딩 채널의 예상되는 지연 스프레드에 의해 결정된다. SP 패턴의 격자 밀도는 보간(interpolation)을 통해 전파 채널의 재형성을 위한 충분한 샘플링을 제공할 수 있다. 다른 한편, φ 는 서브 캐리어 인덱스와 함께 변하며, 그 변동 주파수는 시간 오프셋의 증분과 함께 증가한다. 그러므로, 전체의 등가 채널 응답(H')의 상호관계 대역폭은 다중-경로 페이딩 채널과 수정되지 않은(uncorrected) 시간 오프셋 둘 모두에 의해 결정된다. 앞서 언급된 바와 같이, 관련 송신 지연의 존재 때문에 보다 먼 기지국(14)로부터의 신호들에 대한 시간 오프셋이 존재한다. 예를 들어, 2×2 MIMO-OFDM 시스템에서, 채널 추정을 위해 4 채널이 요구된다. 그들 중 두 채널은 비교적 큰 시간 오프셋을 가질 수 있고, 결과적으로 빠른 추가적 위상 로테이션(φ)이 된다. 명백하게, 시간 오프셋은 빠른 위상 로테이션을 도입할 것이다. φ 의 변동량이 H'의 변동량보다 훨씬 빠를 경우, SP들의 격자 밀도는 샘플링 이론들을 만족하지 않을 수 있으므로; H'는 보간에 의해 올바르게 획득될 수 없다.

SHO 동안 다수의 채널들 모두에 대해 올바른 채널 정보를 획득하기 위해, 보상 방법이 적용될 수 있다. 그 개념은 공지된 φ 의 변동량에 대해 단지 전파 채널만이 보간된다는 것이다. FFT 처리 후에, 그 수신된 시간 영역 샘플들은 주파수 영역 구성요소들에 전달된다. 이어서, $h_{ij}'(k)$ 는 파일럿 서브캐리어(k)에서 획득될 수 있다. 보간이 모든 서브캐리어에 대한 채널 응답을 획득하는데 사용되기 전에, φ 로부터의 기여는 $\varphi_i(k)$ 의 공액과 $h_{ij}'(k)$ 를 곱함으로써 제거될 수 있다.

$$\tilde{h}_{ij}(k) = h_{ij}'(k)\varphi_i^*(k)$$

시간 오프셋과 함께 기지국(14)과 관련되는 채널들만 보상되어야 함이 주지되어야 한다. 보간후에는, 모든 가용 서브캐리어들의 채널 응답(\tilde{h}_{ij})들이 얻어진다. \tilde{h}_{ij} 와 φ_i 의 곱셈으로 모든 가용 서브캐리어들의 총 등가 채널 응답(h_{ij}')이 얻어진다.

본질적으로, OFDM 소프트 핸드오프에 참가하는 다중 기지국들(14) 각각으로부터의 통신과 연관된 송신 지연에 대하여 OFDM 신호의 데이터 서브캐리어 각각의 채널 응답들이 보상된다. 일반적으로, 이동 단말기(16)는 OFDM 소프트 핸드오프에 참가하는 각 기지국들(14)로부터의 관련 송신 지연들을 결정하기 위하여, 각 기지국(14)으로부터의 파일럿 신호 각각의 프리앰블에 제공되는 고유 PN 코드들을 사용하게 된다. 고속 푸리에 변환 후에, OFDM 신호들의 SP 신호들이 각각의 수신기 부분에 대한 주파수 영역에서 추출된다. SP 신호들에 대한 채널 응답들이 각각의 송신 채널에 대하여 추정된다. 바람직하게는, 전술한 곱셈기술을 사용하여, 추정되는 채널 응답들로부터의 통신 지연으로 인한 추가의 위상 로테이션이 제거된다. 이 때, 분산된 채널 신호들에 대한 채널 응답들이 알려져, OFDM 신호내의 데이터 서브캐리어들에 대하여 채널 응답들을 보간하는데 사용된다. 일단 OFDM 데이터 서브캐리어들에 대한 채널 응답들이 추정되면, 송신 지연으로 인한 위상 로테이션이 각 OFDM 서브캐리어의 채널 응답들로 더해져, 다양한 기지국(1)들로부터의 통신을 수신하는 동안 사용하는 실제 채널 추정치들을 제공한다.

본 발명은 OFDM 시스템의 효율적인 소프트 핸드오프 기술을 제공하여, 셀 경계에서의 이동 단말기와 OFDM 통신에 관련된 간섭을 최소화하는 반면 데이터 속도는 증가시킨다. 당업자라면 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 개량에

와 변경예들을 알 수 있을 것이다. 이러한 모든 개선들과 변경들은 본 명세서에 개시된 개념 및 이하의 청구범위 내의 범주내인 것으로 간주된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

직교 주파수 분할 다중(OFDM: orthogonal frequency division multiplexing) 시스템에 있어서,

a) 소프트 핸드오프 모드 중에 이동 단말기에 대한 데이터를 스케줄링하여, 복수의 기지국들 중 적어도 하나에 상기 이동 단말기에 대해 스케줄링된 데이터의 적어도 일부를 전달하도록 구성되는 기지국 제어기; 및

b) 상기 기지국 제어기와 동작적으로 연관된 복수의 기지국

- 각 기지국은 이하의 동작을 수행하도록 적응된 소프트 핸드오프에 참가함:

- i) 상기 이동 단말기에 전달되도록 상기 스케줄링된 데이터를 수신하고;
- ii) 상기 스케줄링된 데이터에 대한 공간-시간 코딩을 제공하여 복수의 공간-시간 코딩된 신호들을 발생시키고;
- iii) 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들 각각에 대하여 역푸리에 변환(IFT)을 수행하여 복수의 OFDM 신호들을 발생시키고 - 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들 각각은 OFDM 스펙트럼의 서브밴드 내의 규정된 서브밴드들에 맵핑되는 OFDM 신호들에 대응하게 되며, 상기 규정된 서브밴드들은 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 기지국들 중 다른 기지국들에 의해서는 사용되지 않음 -; 및
- iv) 상기 이동 단말기에 의한 수신을 위해 공간 다이버시티를 갖는 복수의 OFDM 신호들을 송신함-

을 포함하는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중(OFDM) 시스템.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들이 상기 규정된 서브밴드들과 관련된 전력 증폭을 초래하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 복수의 시간-공간 코딩된 신호들이 상기 규정된 서브밴드들을 제외한 상기 OFDM 스펙트럼의 서브밴드들과 관련된 널부(null)를 초래하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 복수의 OFDM 신호들 각각이 서로 다른 인코딩을 따르는 동일한 데이터를 포함하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 복수의 OFDM 신호들 각각이 상기 스케줄링된 데이터의 서로 다른 부분들을 포함하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 기지국 제어기는, 상기 이동 단말기에 송신되는 상기 데이터를 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 기지국 각각으로 송신하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 기지국 제어기는, 상기 이동 단말기에 송신되는 상기 데이터를 고유한 데이터 그룹들로 분할하여, 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 기지국들중 해당하는 하나에 상기 데이터 그룹 각각을 송신하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 기지국 제어기는, 상기 이동 단말기로 송신되는 상기 데이터를 상기 스케줄링된 데이터로서 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 기지국들 중 오직 하나에만 송신하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은 상기 복수의 OFDM 신호에 SP(scattered pilot) 신호들을 삽입하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 10.

제9항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 SP 신호들을 파일럿 서브밴드들에서 전력 증폭시켜 삽입하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 11.

제10항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 참가하고 있는 다른 기지국들이 상기 신호들을 삽입하는 서브밴드들 내의 널부(null)를 제공하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 12.

제9항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 규정된 서브밴드들 가운데 상기 SP 신호들을 삽입하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 13.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 상기 소프트 핸드오프에 해당하지 않는 이동 단말기들의 데이터에 대한 스케줄링을 제공하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 14.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은, 공간 다이버시티를 제공하기 위한 복수의 안테나들과 관계되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 15.

제1항에 있어서,

상기 기지국 각각은 복수의 안테나들과 관계되며,

상기 기지국 각각에 대한 공간 다이버시티는, 상기 기지국들중 다른 기지국들과 관계되는 상기 복수의 안테나들 중 적어도 하나에 의해 제공되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 16.

제1항에 있어서,

상기 기지국들 및 상기 기지국 제어기는, 연동하여 소프트 핸드오프 진입 요청 및 상기 기지국들의 식별자를 수신하고, 상기 이동 단말기로부터의 상기 소프트 핸드오프에 참가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템.

청구항 17.

직교 주파수 분할 다중 시스템의 기지국에 있어서,

a) 복수의 공간-시간 코딩된 신호들을 발생시키기 위해, 스케줄링된 데이터의 공간-시간 코딩을 제공하도록 구성되는 공간-시간 인코딩 로직;

b) 복수의 OFDM 신호들을 발생시키기 위해, 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들 각각에 대한 역푸리에 변환(IFT)을 제공하도록 구성되는 역푸리에 변환 로직 -상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들 각각은 OFDM 스펙트럼의 서브밴드들 내의 규정된 서브밴드들에 맵핑되는 OFDM 신호들에 대응하게 되며, 상기 규정된 서브밴드들은 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 다른 기지국들에 의해서는 사용되지 않음-; 및

c) 상기 복수의 OFDM 신호들을 상기 이동 단말기에 의한 수신을 위해 공간 다이버시티에 의해 송신하기 위하여 복수의 송신 경로들을 포함하는 송신 회로

를 포함하는 것을 특징으로 하는 직교 주파수 분할 다중 시스템의 기지국.

청구항 18.

제17항에 있어서,

상기 공간-시간 인코딩 로직은, 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들이 상기 규정된 서브밴드들과 관계된 전력 증폭을 초래하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 19.

제17항에 있어서,

상기 공간-시간 인코딩 로직은, 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호들이 상기 규정된 서브밴드들을 제외한 상기 OFDM 스펙트럼 내의 서브밴드들과 관계되는 널부(null)를 초래하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 20.

제17항에 있어서,

상기 공간-시간 인코딩 로직은, 상기 복수의 OFDM 신호 각각이 서로 다른 인코딩을 따르는 동일한 데이터를 포함하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 21.

제17항에 있어서,

상기 공간-시간 인코딩 로직은, 상기 복수의 OFDM 신호들 각각이 상기 스케줄링된 데이터의 서로 다른 부분들을 포함하도록 상기 공간-시간 코딩을 제공하는 구성인 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 22.

제17항에 있어서,

상기 데이터는 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 다른 기지국들에 송신된 데이터와 동일한 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 23.

제17항에 있어서,

상기 데이터는 상기 이동 단말기에 송신되는 상기 데이터의 일부분이며, 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 다른 기지국들은 상기 이동 단말기에 송신되는 상기 데이터의 잔여 부분을 제공하는 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 24.

제17항에 있어서,

상기 데이터는 상기 기지국 중 단지 하나와 상기 이동 단말기에 전송되는 모든 데이터를 나타내며; 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 나머지 기지국들에는 주어진 시간 슬롯 동안 상기 이동 단말기에 전송되는 데이터가 전송되지 않는 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 25.

제17항에 있어서,

상기 송신 회로는 또한 상기 복수의 OFDM 신호에 SP(scattered pilot) 신호를 삽입하도록 구성된 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 26.

제25항에 있어서,

상기 송신 회로는 또한 상기 SP 신호를 파일럿 서브밴드에서 전력 증폭시켜 삽입하도록 구성된 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 27.

제26항에 있어서,

상기 송신 회로는 또한 참가하고 있는 다른 기지국들이 상기 SP 신호를 삽입하는 서브밴드에 널부(null)를 제공하도록 구성된 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 28.

제25항에 있어서,

상기 송신 회로는 또한 상기 규정된 서브밴드 중에 상기 SP 신호를 삽입하도록 구성된 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 29.

제17항에 있어서,

상기 이동 단말기로부터 소프트 핸드오프 진입 요청과 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 기지국의 식별자를 수신하도록 구성된 수신 회로를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 기지국.

청구항 30.

직교 주파수 분할 다중(OFDM: orthogonal frequency division multiplexing) 시스템에서 소프트 핸드오프를 제공하는 방법에 있어서,

- a) 스케줄링된 데이터에 대한 공간-시간 코딩을 제공하여 복수의 공간-시간 코딩된 신호를 생성하는 단계;
- b) 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호 각각에 대해 역푸리에 변환(IFT: Inverse Fourier Transform)을 수행하여 복수의 OFDM 신호를 생성 - 소프트 핸드오프 중에 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호는 각각 OFDM 스펙트럼의 서브밴드 내의 규정된 서브밴드에 맵핑된 OFDM 신호에 대응되게 되며, 상기 규정된 서브밴드는 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 다른 기지국에 의해서는 사용되지 않음 - 하는 단계; 및
- c) 상기 이동 단말기에 의한 수신을 위해 상기 복수의 OFDM 신호를 공간 다이버시티에 의해 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 31.

제30항에 있어서,

상기 공간-시간 코딩은 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호가 상기 규정된 서브밴드에 연관되어 전력 증폭되도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 32.

제30항에 있어서,

상기 공간-시간 코딩은 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호가 상기 규정된 서브밴드 이외의 상기 OFDM 스펙트럼의 서브밴드에 연관되어 널부가 되도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 33.

제30항에 있어서,

상기 공간-시간 코딩은 상기 복수의 OFDM 신호가 각각 서로 다른 인코딩을 따르는 동일한 데이터를 포함하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 34.

제30항에 있어서,

상기 공간-시간 코딩은 상기 복수의 OFDM 신호가 각각 상기 스케줄링된 데이터의 서로 다른 부분을 포함하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 35.

제30항에 있어서,

상기 소프트 핸드오프에 참가하는 모든 기지국에 대해 상기 소프트 핸드오프 중에 상기 이동 단말기에 송신될 데이터를 스케줄링하는 단계를 더 포함하며; 하나의 기지국에 대해 스케줄링된 데이터는 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 다른 기지국에 전송되도록 스케줄링된 데이터와 동일한 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 36.

제30항에 있어서,

상기 소프트 핸드오프에 참가하는 모든 기지국에 대해 상기 소프트 핸드오프 중에 상기 이동 단말기에 송신될 데이터를 스케줄링하는 단계를 더 포함하며; 하나의 기지국에 대해 스케줄링된 데이터는 상기 이동 단말기에 전송되는 상기 데이터의 단지 일 부분이며, 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 다른 기지국에 대해 스케줄링된 데이터는 상기 이동 단말기에 전송되는 상기 데이터의 나머지 부분을 나타내는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 37.

제30항에 있어서,

상기 소프트 핸드오프에 참가하는 모든 기지국에 대해 상기 소프트 핸드오프 중에 상기 이동 단말기에 송신될 데이터를 스케줄링하는 단계를 더 포함하며; 상기 스케줄링된 데이터는 상기 이동 단말기에 전송되는 모든 데이터를 나타내며 주어진 시간 슬롯 동안 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 단지 하나의 기지국에만 전송되는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 38.

제30항에 있어서,

상기 복수의 OFDM 신호 내에 SP(scattered pilot) 신호를 삽입하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 39.

제38항에 있어서,

상기 SP 신호를 파일럿 서브밴드에서 전력 증폭시켜 삽입하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드 오프 제공 방법.

청구항 40.

제39항에 있어서,

참가하고 있는 다른 기지국들이 상기 SP 신호를 삽입하는 서브밴드에 널부(null)를 제공하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 41.

제38항에 있어서,

상기 규정된 서브밴드 중에 상기 SP 신호를 삽입하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 42.

제30항에 있어서,

상기 이동 단말기로부터 소프트 핸드오프 진입 요청과 상기 소프트 핸드오프에 참가하는 상기 기지국의 식별자를 수신하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프 제공 방법.

청구항 43.

직교 주파수 분할 다중(OFDM: orthogonal frequency division multiplexing) 시스템에서 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기에 있어서,

a) 공간-시간 인코딩을 이용하여 인코딩되고 공간 다이버시티를 이용하여 송신된 복수의 OFDM 신호를 수신 및 하향변환하도록 구성된 수신 회로;

b) 상기 복수의 OFDM 신호에 각각에 대한 푸리에 변환(Fourier Transform)을 수행하여 복수의 공간-시간 코딩된 신호를 생성하는 푸리에 변환 로직;

c) 상기 복수의 공간-시간 코딩된 신호에 대한 공간-시간 디코딩을 수행하여 서빙(servicing) 기지국으로부터의 스케줄링된 데이터를 복원(recover)하는 공간-시간 디코더 로직;

d) 하기의 동작 -

i) 복수의 기지국으로부터 신호 세기를 모니터하고,

ii) 상기 복수의 기지국으로부터 규정된 임계값을 초과하는 신호 세기를 갖는 기지국을 식별하고,

iii) 상기 복수의 기지국 중 상기 규정된 임계값을 초과하는 신호 세기를 갖는 기지국에 2개 이상인 경우 소프트 핸드 오프 모드로 진입하도록 -

을 수행하도록 구성된 처리 로직; 및

e) 상기 규정된 임계값을 초과하는 신호 세기를 갖는 기지국을 식별하는 정보를 송신하도록 구성된 송신 회로

를 포함하는 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 44.

제43항에 있어서,

상기 송신 회로는 상기 소프트 핸드오프 모드로의 진입을 요청하는 정보를 송신하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 45.

제43항에 있어서,

상기 처리 로직은 상기 소프트 핸드오프 모드 중에 상기 규정된 임계값을 초과하는 신호 세기를 갖는 각 기지국으로부터 동일한 스케줄링된 데이터를 수신하며, 상기 각 기지국으로부터 수신된 동일한 스케줄링된 데이터를 조합(combine)하여 수신된 데이터를 복원하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 46.

제43항에 있어서,

상기 처리 로직은 상기 소프트 핸드오프 모드 중에 상기 규정된 임계값을 초과하는 신호 세기를 갖는 각 기지국으로부터 서로 다른 스케줄링된 데이터를 수신하며, 상기 각 기지국으로부터 수신된 서로 다른 스케줄링된 데이터를 조합(combine)하여 수신된 데이터를 복원하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 47.

제43항에 있어서,

상기 처리 로직은 주어진 시간 슬롯 동안 상기 소프트 핸드오프 모드 중에 상기 규정된 임계값을 초과하는 신호 세기를 갖는 단지 하나의 기지국으로부터만 상기 스케줄링된 데이터를 수신하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 48.

제43항에 있어서,

상기 공간-시간 코딩은 상기 복수의 OFDM 신호가 각각 서로 다른 인코딩을 따르는 동일한 데이터를 포함하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 49.

제43항에 있어서,

상기 공간-시간 코딩은 상기 복수의 OFDM 신호가 각각 상기 스케줄링된 데이터의 서로 다른 부분을 포함하도록 구성된 것을 특징으로 하는 소프트 핸드오프를 제공하는 이동 단말기.

청구항 50.

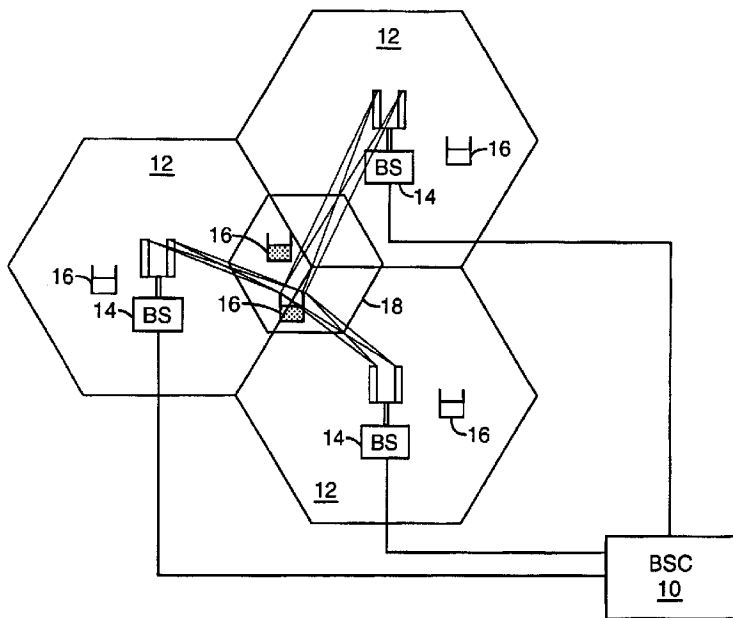
직교 주파수 분할 다중(OFDM: orthogonal frequency division multiplexing) 전송에 대한 채널 응답을 판정하는 방법에 있어서,

- a) OFDM 소프트 핸드오프에 참가하는 복수의 기지국으로부터 상대적 송신 지연을 판정하는 단계;
- b) OFDM 신호의 주파수 도메인에서 SP(scattered pilot) 신호를 추출하는 단계;
- c) 각각의 송신 채널에 대해 각각의 SP 신호의 제1 채널 응답을 추정하는 단계;
- d) 상기 제1 채널 응답으로부터 상기 송신 지연에 의한 추가 위상 회전을 제거하는 단계;
- e) 상기 제1 채널 응답을 OFDM 데이터 서브-캐리어 각각에 대해 추정된 제2 채널 응답에 보간(interpolate)하는 단계; 및
- f) 상기 제2 채널 응답에 상기 송신 지연에 의한 위상 회전을 추가하여 상기 OFDM 데이터 서브-캐리어 각각에 대한 최종 채널 응답을 추정하는 단계

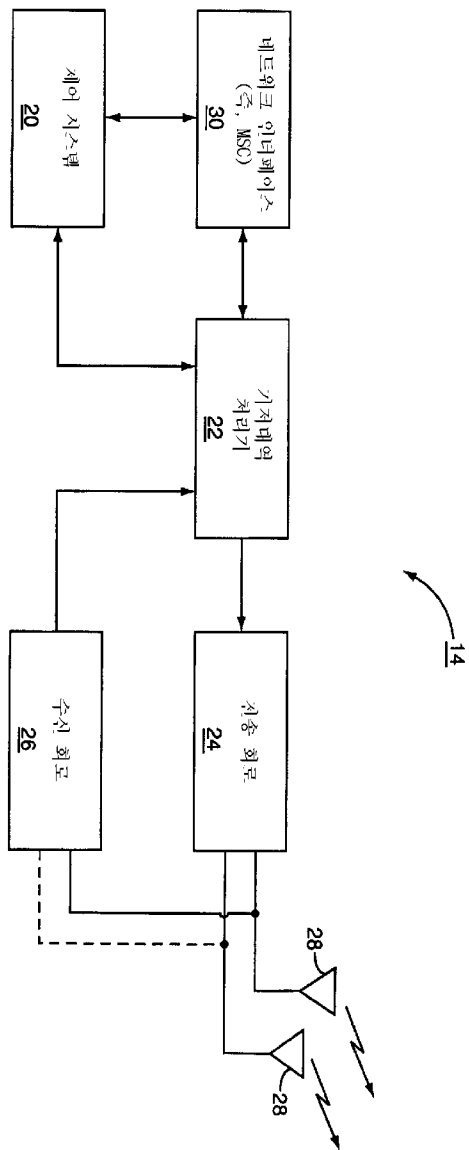
를 포함하는 것을 특징으로 하는 채널 응답 판정 방법.

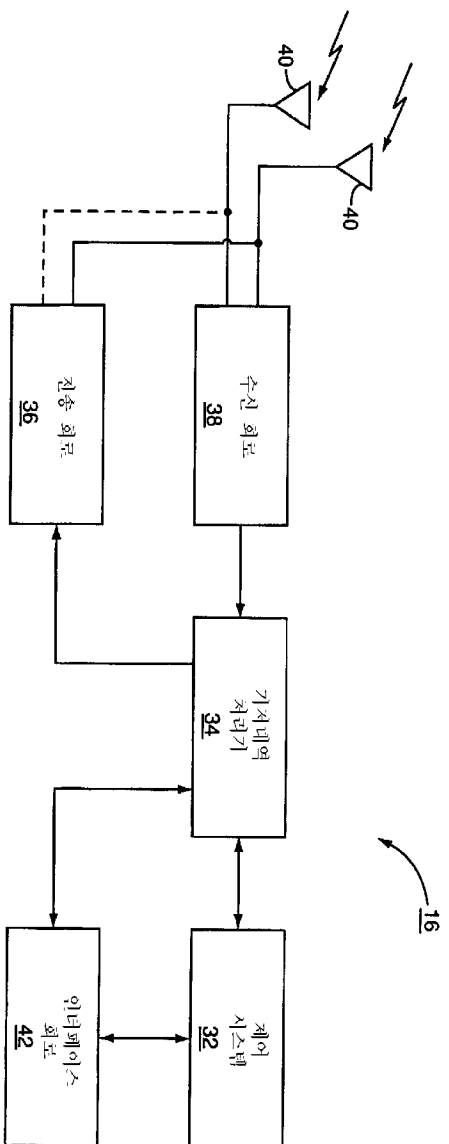
도면

도면1

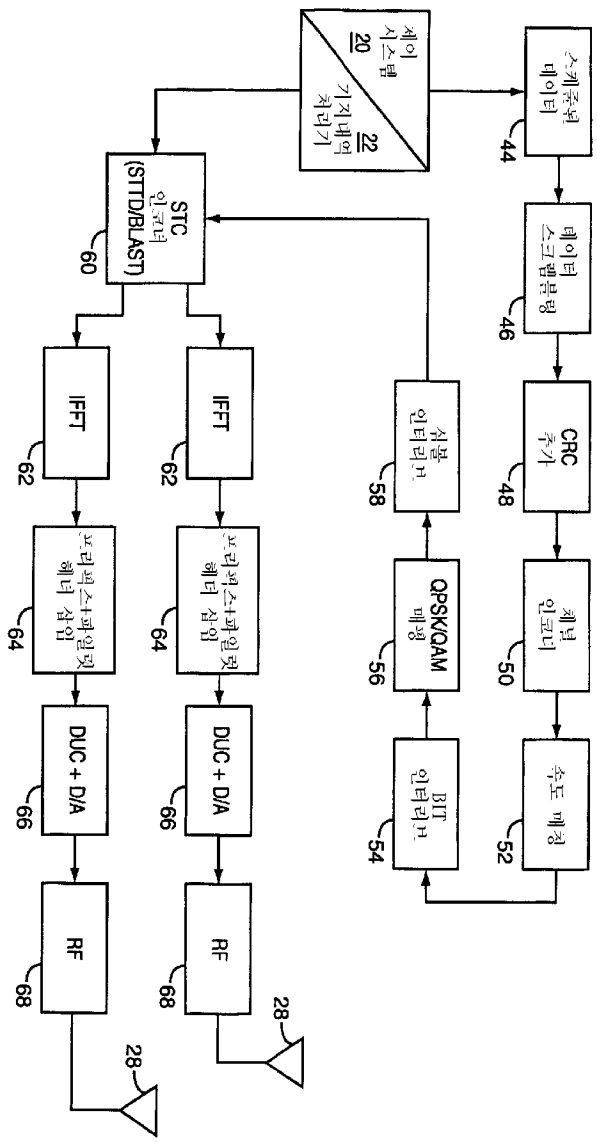


도면2

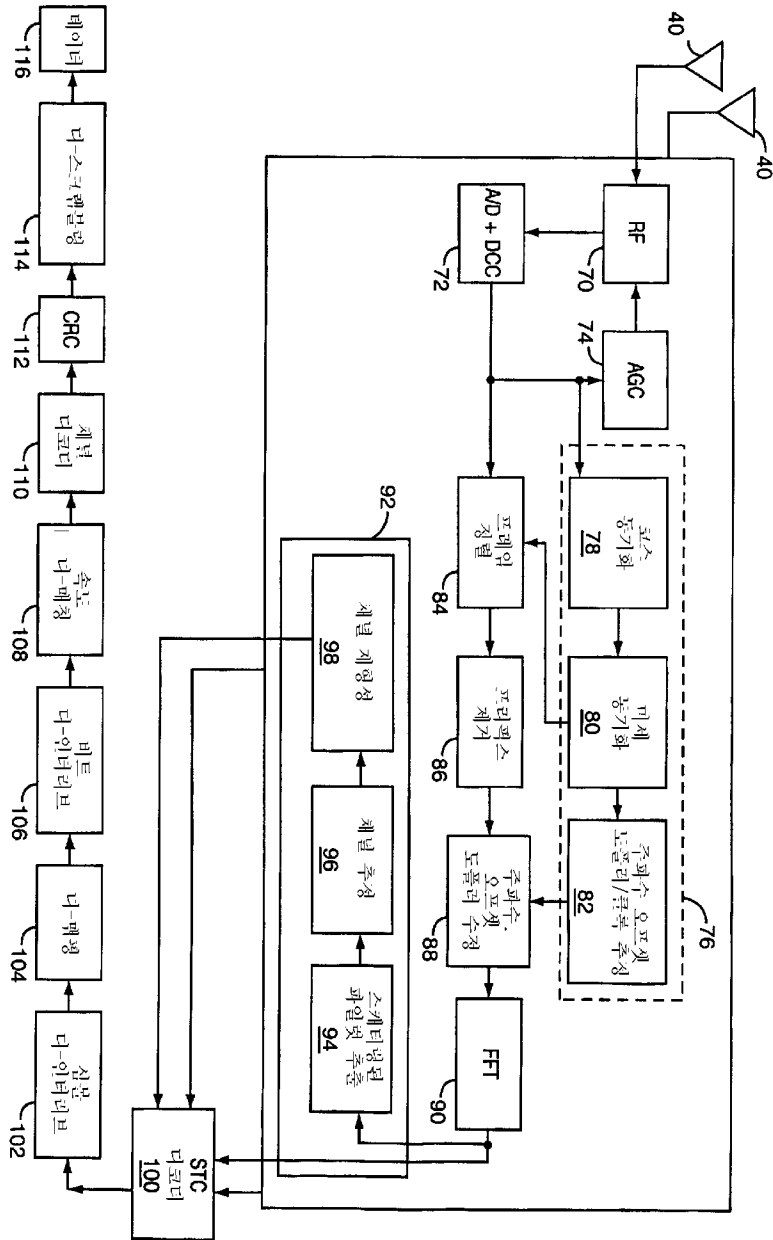




도 16



도면 4



도면6

기적국

이
동
단
말
기

| | BS1 | BS2 | BS3 | BS4 | BS5 | BS6 | BS7 | BS8 | BS9 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| A | | | | | | | | | |
| B | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | |
| L | | | | | | | | | |
| M | | | | | | | | | |
| N | | | | | | | | | |
| O | | | | | | | | | |

활성 세트 리스트

도표 7a

기타

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | I | J | H | F | G | | | | | | | | I | J | H | F | G | |
| 2 | O | M | N | K | L | | | | | | | | O | M | N | K | L | |
| 3 | C | D | E | A | B | | | | | | | | C | D | E | A | B | |
| 4 | C | D | E | A | | | | | | | | | C | D | E | A | | |
| 5 | C | D | E | | B | | | | | | | | C | D | E | | B | |
| 6 | I | J | H | F | | | | | | | | | I | J | H | F | | |
| 7 | I | J | H | | G | | | | | | | | I | J | H | | G | |
| 8 | O | M | N | K | | | | | | | | | O | M | N | K | | |
| 9 | O | M | N | | L | | | | | | | | O | M | N | | L | |

스케줄링 주기 NO.1

스케줄링 주기 NO.2

시간 슬롯

시간 슬롯

BSC 마스터 스케줄링 소프트웨어

BS 포켓
스케줄링 슬롯

순차 실행 스케줄링

도면 7b

기재부


| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | ... |
| 1 | I | | F | | G | | H | J | | | | | J | H | | F | G | I | |
| 2 | L | M | | K | | O | | | N | | | | O | M | K | | L | N | |
| 3 | | D | | B | A | | C | | | E | | | | C | E | A | B | D | |
| 4 | | D | | | A | | C | | | E | | | | C | E | A | | D | |
| 5 | | D | | B | | | C | | | E | | | | C | E | | B | D | |
| 6 | I | | F | | | | H | J | | | | | J | H | | F | | I | |
| 7 | I | | | | G | | H | J | | | | | J | H | | | G | I | |
| 8 | | M | | K | | O | | | N | | | | O | M | K | | | N | |
| 9 | L | M | | | | O | | | N | | | | O | M | | | L | N | ... |


시간 슬롯

시간 슬롯

스케줄링 주기 NO.1

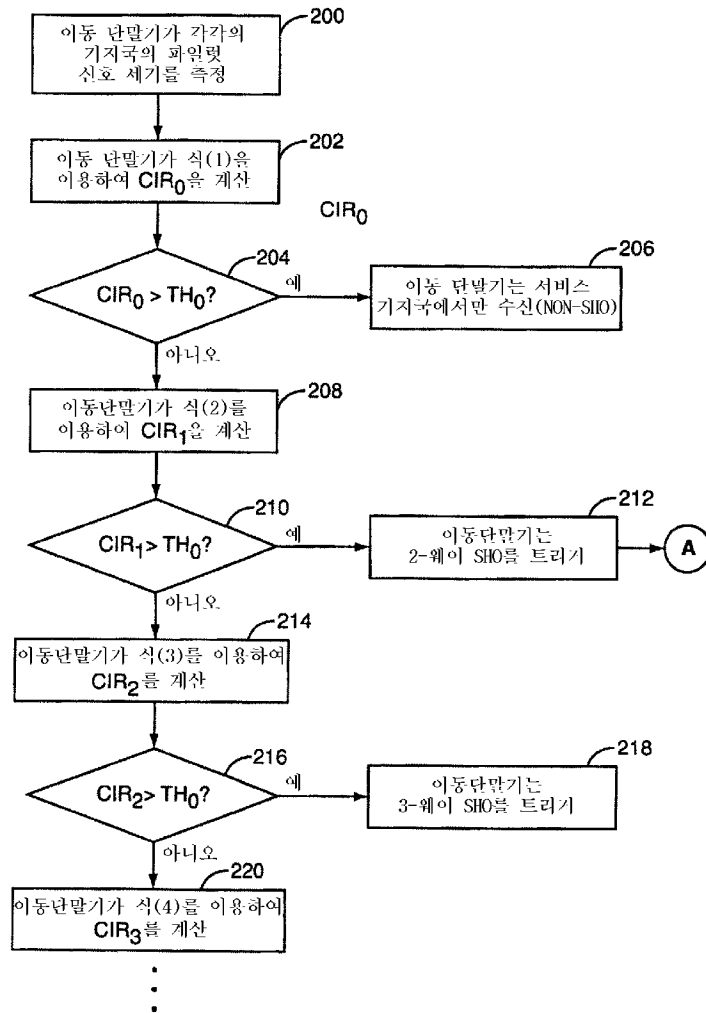
스케줄링 주기 NO.2

 BSC 마스터 스케줄링 슬롯

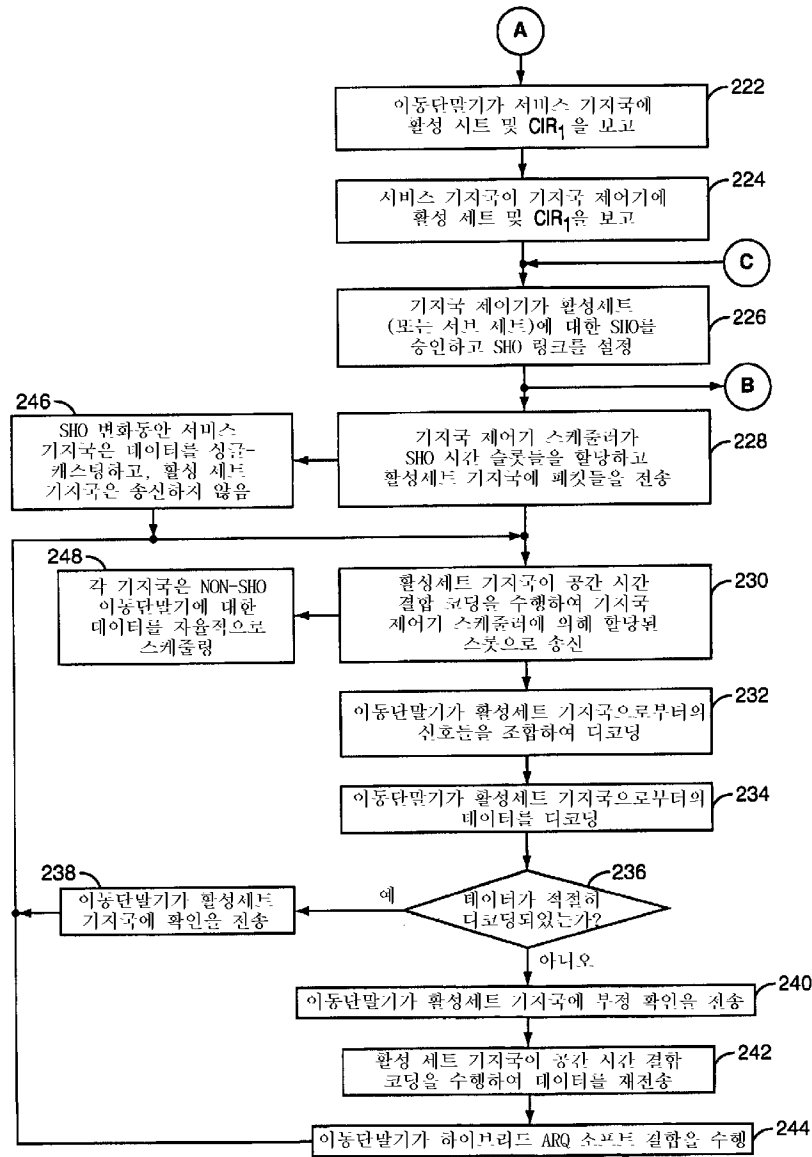
 BS 로컬 스케줄링 슬롯

유연성 스케줄링

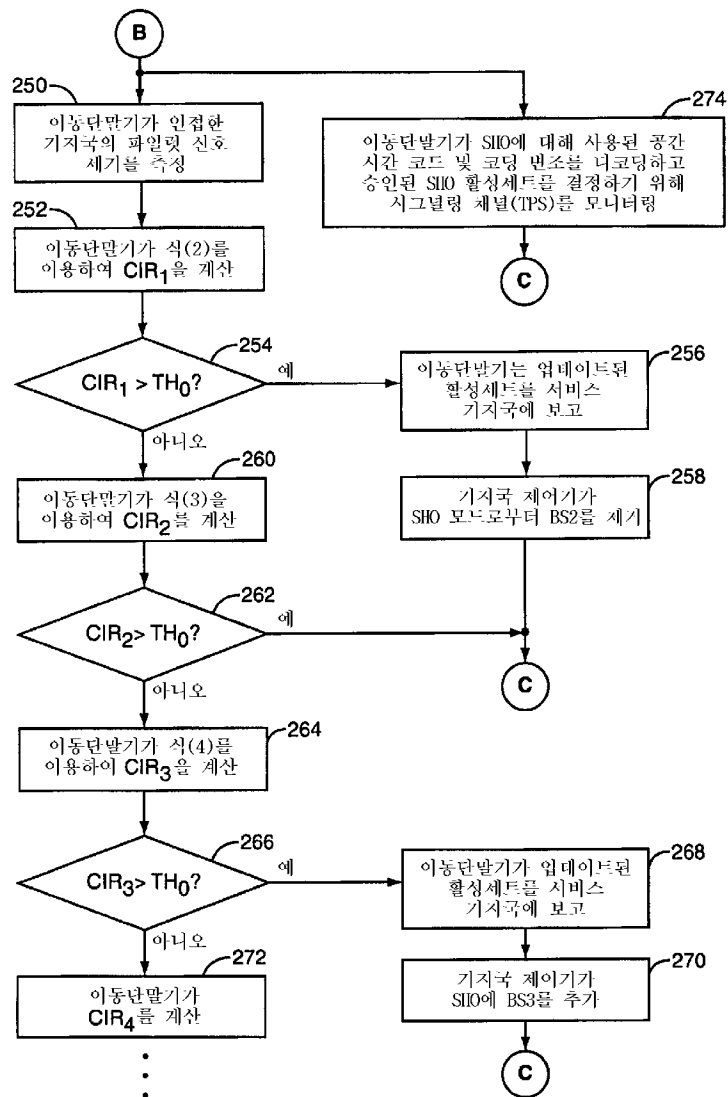
도면 8a



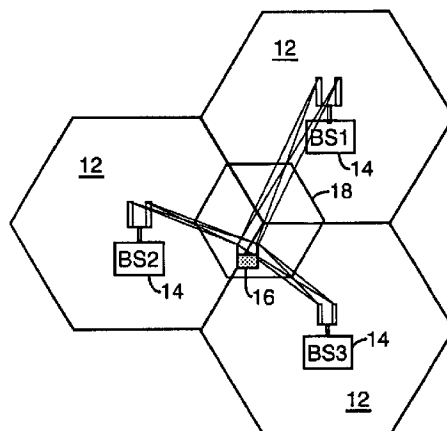
도면8b



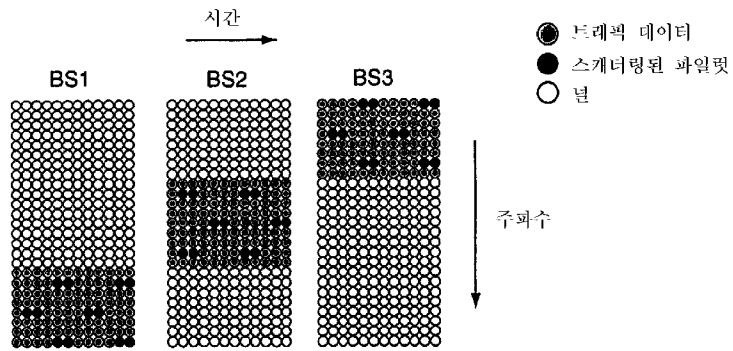
도면8c



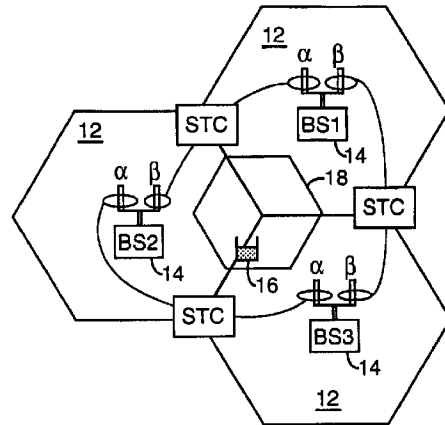
도면9



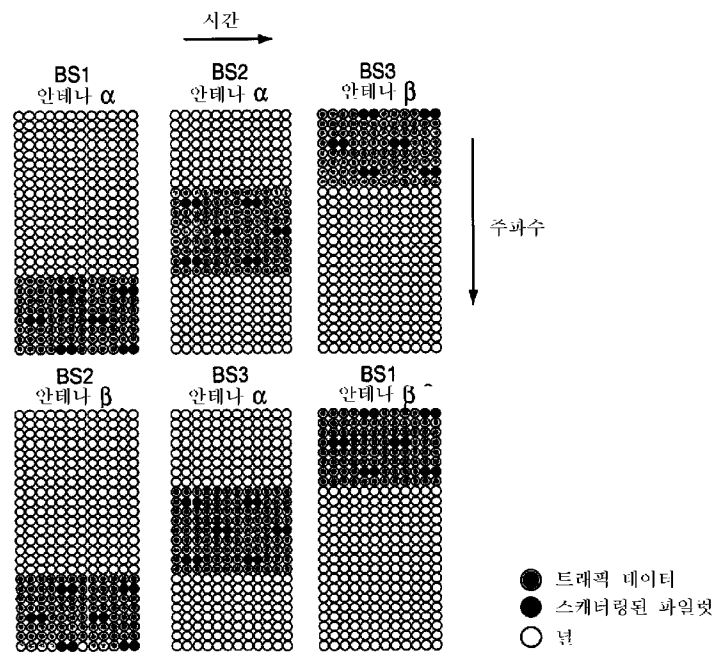
도면10

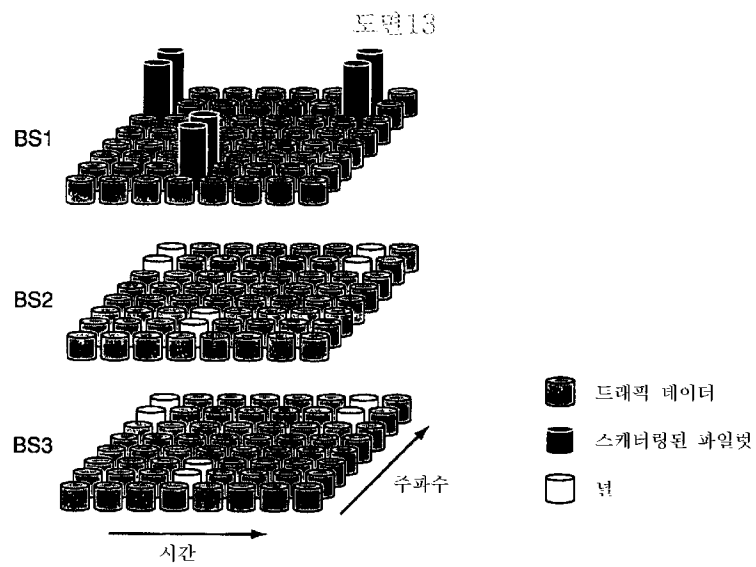


도면11



도면12





(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
2 October 2003 (02.10.2003)

PCT

(10) International Publication Number
WO 03/081938 A1

(51) International Patent Classification⁷: **H04Q 7/38**,
H04L 5/02, 25/02, H04B 7/02

704-15 Woodridge Crescent, Ottawa, Ontario K2B 7T3 (CA).

(21) International Application Number: PCT/IB03/00153

(22) International Filing Date: 22 January 2003 (22.01.2003)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
10/104,399 22 March 2002 (22.03.2002) US

(71) Applicant: **NORTEL NETWORKS LIMITED**
[CA/CA]; 2351 Boulevard Alfred-Nobel, St. Laurent,, Quebec H4S 2A9 (CA).

(72) Inventors: **MA, Jianglei**; 3 Bon Echo Crescent, Brildwood, Kanata, Ontario K2M 2W5 (CA). **JIA, Ming**; 609-320 Croydon Avenue, Ottawa, Ontario K2B 5P3 (CA). **ZHU, Peiying**; 16 Pebble Creek Crescent, Kanata, Ontario K2M 2L4 (CA). **TONG, Wen**; 12 Whitestone Dr., Ottawa, Ontario K2C 4A7 (CA). **YU, Dong-Sheng**;

(81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

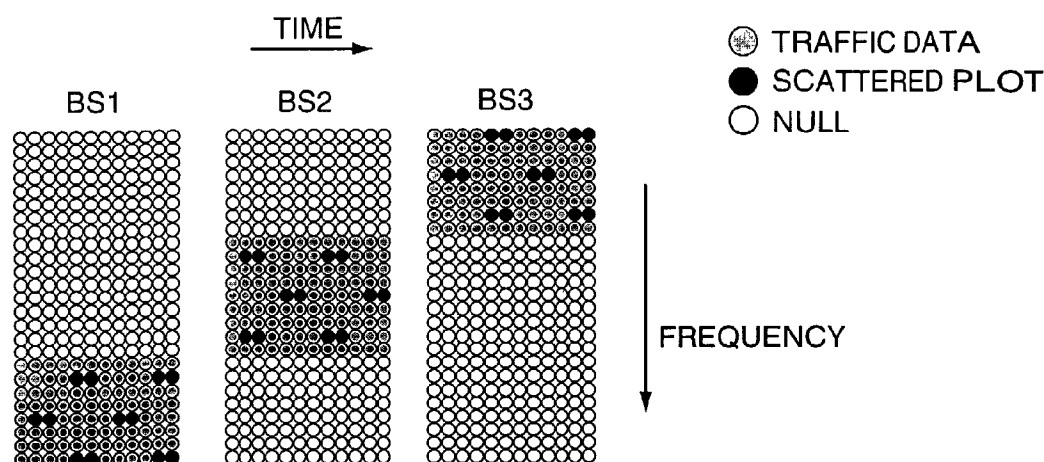
(84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: SOFT HANDOFF FOR OFDM



(57) Abstract: The present invention relates to soft handoffs in an OFDM system. Each mobile terminal measures pilot signal strengths of transmissions from adjacent base stations. If the pilot signal strength for a base station exceeds the defined threshold, that base station is added to an active set list. Each mobile terminal notifies the base station controller and the servicing base station, the mobile terminal identifies the sole servicing base station or triggers a soft handoff mode uses a combination of scheduling and space-time coding to affect efficient and reliable handoffs.



WO 03/081938 A1

SOFT HANDOFF FOR OFDMField of the Invention

[0001] The present invention relates to wireless communications, and in particular to facilitating soft handoffs in orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) systems.

Background of the Invention

[0002] Wireless communication systems divide areas of coverage into cells, each of which is served by a base station. A mobile terminal will continuously monitor the signal strengths of the servicing base station for the current cell as well as for adjacent cells. The mobile terminal will send the signal strength information to the network. As the mobile terminal moves toward the edge of the current cell, the servicing base station will determine that the mobile terminal's signal strength is diminishing, while an adjacent base station will determine the signal strength is increasing. The two base stations coordinate with each other through the network, and when the signal strength of the adjacent base station surpasses that of the current base station, control of the communications is switched to the adjacent base station from the current base station. The switching of control from one base station to another is referred to as a handoff.

[0003] A hard handoff is a handoff that completely and instantaneously transitions from a first to a second base station. Hard handoffs have proven problematic and often result in dropped calls. CDMA systems incorporate a soft handoff, wherein when the mobile terminal moves from a first to a second cell, the handoff process happens in multiple steps. First, the mobile terminal recognizes the viability of the second base station, and the network allows both the current and adjacent base stations to carry the call. As the mobile terminal move closer to the second base station and away from the first base station, the signal strength from the first base station will eventually drop below a useful level. At this point, the mobile terminal will inform the network, which will instruct the first base station to drop the call and let the second base station continue servicing the call. Accordingly, a soft handoff is characterized by commencing communications with a new base station before

terminating communications with the old base station. Soft handoffs in CDMA systems have proven very reliable.

[0004] In the ever-continuing effort to increase data rates and capacity of wireless networks, communication technologies evolve. Multiple-input-multiple-output (MIMO) orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) systems represent an encouraging solution for the next generation high-speed data downlink access. A benefit of such systems is their high spectral efficiency wherein all of the allocated spectrum can be used by all base stations. The systems are generally considered to have a frequency reuse factor of one. Unfortunately, these systems generate strong co-channel interference, especially at cell borders. Basic frequency reuse-one planning will lead to very low data rates and a poor quality of service for mobile terminals at cell borders. Even though data repetition, re-transmission techniques, and fairness scheduling for data transmission can be employed, it is difficult to equalize data rate distribution across the cell. Accordingly, high-speed data service is severely limited.

[0005] In other technologies, such as CDMA, soft handoffs are used to enhance service at cell borders. However, a straightforward extension of soft handoff techniques developed for CDMA systems is not applicable to the MIMO-OFDM systems, since the separation of the interference for the OFDM waveform is virtually impossible. Because different spreading code masking is not available in OFDM transmission, the destructive interferences between base stations transmitting the same signal can cause significant degradation of performance. Accordingly, there is a need for an efficient soft handoff technique for OFDM systems as well as a need to increase data rates and reduce interference at cell borders.

Summary of the Invention

[0006] The present invention relates to soft handoffs in an OFDM system. In downlink communications, each mobile terminal constantly measures all of the possible pilot signal strengths of transmissions from adjacent base stations, identifies the strongest pilot signals, and compares them against a defined threshold. If the pilot signal strength for a base station exceeds the defined threshold, that base station is added to an active set list. Each mobile

terminal will notify the base stations of their active set lists. If there is only one base station in the active set list, that base station is singled out to service the mobile terminal. If there is more than one base station on the active set list, a soft handoff is enabled between those base stations. The soft handoff condition will continue until only one base station is on the active set list, wherein the lone base station will continue to serve the mobile terminal. The soft handoff can be initiated by the mobile terminal, which will report the active set list to the base station controller via the servicing base station. The base station controller will alert the base stations on the active set list of the soft handoff. Notably, the base station controller can select a sub-set of the base stations from the active set list to establish the soft hand off. During soft handoff, all base stations on the active set list will facilitate communications with the mobile terminal as defined below. Preferably, the base station controller keeps track of all of the active set lists for the respective mobile terminals. The mobile terminals will keep track of their individual set lists.

[0007] Accordingly, by providing the set list to the base station controller and the servicing base station, the mobile terminal identifies the sole servicing base station or triggers a soft handoff (SHO) mode when multiple base stations appear on the active set list. The SHO mode uses a combination of scheduling and STC coding to affect efficient and reliable handoffs. During a SHO mode, the base station controller either multicasts or non-multicasts data packets intended for the mobile terminal to each of the base stations on the active set list. Multicasting indicates that each data packet is sent to each base station on the active set list for transmission to the mobile terminal. Non-multicasting indicates that data packets are divided into sub-packets in some manner and each sub-packet is sent to one of the base stations on the active set list for transmission to the mobile terminal. Unlike multicasting, redundant information is not transmitted from each base station on the active set list.

[0008] In either multicasting or non-multicasting embodiments, the base stations in the active set can partition the time and frequency resources of the OFDM signal. Accordingly, each base station transmits part of the OFDM signal sub-band. Preferably, a boost in transmit power is associated with sub-bands being used. The base stations provide STC encoding of the

transmitted data and the mobile terminals provide corresponding STC decoding to recover the transmitted data. The STC coding may be either space-time-transmit diversity (STTD) or V-BLAST-type coding. STTD coding encodes data into multiple formats and simultaneously transmits the multiple formats with spatial diversity (i.e. from antennas at different locations). V-BLAST t-type coding separates data into different groups and separately encodes and simultaneously transmits each group. Other coding will be recognized by those skilled in the art. The mobile terminal will separately demodulate and decode the transmitted data from each base station, and then combine the decoded data from each base station to recover the original data.

[0009] Prior OFDM handoffs were hard handoffs, and the servicing base station handled scheduling of data for transmission for any given mobile terminal autonomously. Since only one base station served a mobile terminal at any one time, there was no need to employ joint scheduling. In contrast, the present invention employs joint scheduling for base stations on the active set list of a mobile terminal. As such, the base station controller or like scheduling device is used to schedule data packets for transmission during the SHO mode for each mobile terminal. Although the base station controller may provide all scheduling for associated base stations, the preferred embodiment of the present invention delegates scheduling of data for mobile terminals that are not in the SHO mode to the servicing base station. In this arrangement, a scheduler is employed at the base station controller to assign data to a time slot for the base stations on the active set list. The base stations perform joint base station space-time coding. The time slots not assigned by the base station controller scheduler are used for data of mobile terminals not participating in a soft handoff.

[0010] Those skilled in the art will appreciate the scope of the present invention and realize additional aspects thereof after reading the following detailed description of the preferred embodiments in association with the accompanying drawing figures.

Brief Description of the Drawing Figures

[0011] The accompanying drawing figures incorporated in and forming a part of this specification illustrate several aspects of the invention, and together with the description serve to explain the principles of the invention.

[0012] Figure 1 is a block representation of a cellular communication system.

[0013] Figure 2 is a block representation of a base station according to one embodiment of the present invention.

[0014] Figure 3 is a block representation of a mobile terminal according to one embodiment of the present invention.

[0015] Figure 4 is a logical breakdown of an OFDM transmitter architecture according to one embodiment of the present invention.

[0016] Figure 5 is a logical breakdown of an OFDM receiver architecture according to one embodiment of the present invention.

[0017] Figure 6 is a table illustrating an active set list table according to one embodiment of the present invention.

[0018] FIGURE 7A is a table illustrating round robin scheduling.

[0019] FIGURE 7B is a table illustrating flexible scheduling.

[0020] FIGURES 8A-8C are a flow diagram outlining an exemplary operation of the present invention.

[0021] Figure 9 is a block representation of a cellular communication system constructed according to one embodiment of the present invention.

[0022] Figure 10 is a diagram of frequency sub-band usage according to the embodiment of Figure 9.

[0023] Figure 11 is a block representation of a cellular communication system constructed according to one embodiment of the present invention.

[0024] Figure 12 is a diagram of frequency sub-band usage according to the embodiment of Figure 11.

[0025] Figure 13 is a diagram illustrating a technique for boosting the power associated with pilot signals while minimizing co-channel interference according to one embodiment of the present invention.

Detailed Description of the Preferred Embodiments

[0026] The embodiments set forth below represent the necessary information to enable those skilled in the art to practice the invention and illustrate the best mode of practicing the invention. Upon reading the following description in light of the accompanying drawing figures, those skilled in the art will understand the concepts of the invention and will recognize applications of these concepts not particularly addressed herein. It should be understood that these concepts and applications fall within the scope of the disclosure and the accompanying claims.

[0027] With reference to Figure 1, a base station controller (BSC) 10 controls wireless communications within multiple cells 12, which are served by corresponding base stations (BS) 14. In general, each base station 14 will facilitate communications with mobile terminals 16, which are within the cell 12 associated with the corresponding base station 14. As a mobile terminal 16 moves from a first cell 12 to a second cell 12, communications with the mobile terminal 16 transition from one base station 14 to another. The term "handoff" is generally used to refer to techniques for switching from one base station 14 to another during a communication session with a mobile terminal 16. The base stations 14 cooperate with the base station controller 10 to ensure that handoffs are properly orchestrated, and that data intended for the mobile terminal 16 is provided to the appropriate base station 14 currently supporting communications with the mobile terminal 16.

[0028] Handoffs are generally characterized as either hard or soft. Hard handoffs refer to handoffs where the transition from one base station 14 to another is characterized by the first base station 14 stopping communications with the mobile terminal 16 at the precise time when the second base station 14 begins communications with the mobile terminal 16. Unfortunately, hard handoffs are prone to dropping communications, and have proven to be sufficiently unreliable. Soft handoffs are characterized by multiple base stations 14 simultaneously communicating with a mobile terminal 16 during a handoff period. Typically, the same information is transmitted to the mobile terminal 16 from different base stations 14, and the mobile terminal 16 attempts to receive signals from both base stations 14 until the base station

14 to which the mobile terminal 16 is transitioning is deemed capable of taking over communications with the mobile terminal 16.

[0029] In Figure 1, a handoff area 18 is illustrated at the junction of three cells 12, wherein a mobile terminal 16 is at the edge of any one of the three cells 12 and could potentially be supported by any of the base stations 14 within those cells 12. The present invention provides a method and architecture for facilitating soft handoff in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) wireless communication environment.

[0030] A high level overview of the mobile terminals 16 and base stations 14 of the present invention is provided prior to delving into the structural and functional details of the preferred embodiments. With reference to Figure 2, a base station 14 configured according to one embodiment of the present invention is illustrated. The base station 14 generally includes a control system 20, a baseband processor 22, transmit circuitry 24, receive circuitry 26, multiple antennas 28, and a network interface 30. The receive circuitry 26 receives radio frequency signals bearing information from one or more remote transmitters provided by mobile terminals 16 (illustrated in Figure 3). Preferably, a low noise amplifier and a filter (not shown) cooperate to amplify and remove broadband interference from the signal for processing. Downconversion and digitization circuitry (not shown) will then downconvert the filtered, received signal to an intermediate or baseband frequency signal, which is then digitized into one or more digital streams.

[0031] The baseband processor 22 processes the digitized received signal to extract the information or data bits conveyed in the received signal. This processing typically comprises demodulation, decoding, and error correction operations. As such, the baseband processor 22 is generally implemented in one or more digital signal processors (DSPs). The received information is then sent across a wireless network via the network interface 30 or transmitted to another mobile terminal 16 serviced by the base station 14. The network interface 30 will typically interact with the base station controller 10 and a circuit-switched network forming a part of a wireless network, which may be coupled to the public switched telephone network (PSTN).

[0032] On the transmit side, the baseband processor 22 receives digitized data, which may represent voice, data, or control information, from the

network interface 30 under the control of control system 20, which encodes the data for transmission. The encoded data is output to the transmit circuitry 24, where it is modulated by a carrier signal having a desired transmit frequency or frequencies. A power amplifier (not shown) will amplify the modulated carrier signal to a level appropriate for transmission, and deliver the modulated carrier signal to the antennas 28 through a matching network (not shown). Modulation and processing details are described in greater detail below.

[0033] With reference to Figure 3, a mobile terminal 16 configured according to one embodiment of the present invention is illustrated. Similarly to the base station 14, the mobile terminal 16 will include a control system 32, a baseband processor 34, transmit circuitry 36, receive circuitry 38, multiple antennas 40, and user interface circuitry 42. The receive circuitry 38 receives radio frequency signals bearing information from one or more base stations 14. Preferably, a low noise amplifier and a filter (not shown) cooperate to amplify and remove broadband interference from the signal for processing. Downconversion and digitization circuitry (not shown) will then downconvert the filtered, received signal to an intermediate or baseband frequency signal, which is then digitized into one or more digital streams.

[0034] The baseband processor 34 processes the digitized received signal to extract the information or data bits conveyed in the received signal. This processing typically comprises demodulation, decoding, and error correction operations, as will be discussed on greater detail below. The baseband processor 34 is generally implemented in one or more digital signal processors (DSPs) and application specific integrated circuit (ASIC).

[0035] For transmission, the baseband processor 34 receives digitized data, which may represent voice, data, or control information, from the control system 32, which it encodes for transmission. The encoded data is output to the transmit circuitry 36, where it is used by a modulator to modulate a carrier signal that is at a desired transmit frequency or frequencies. A power amplifier (not shown) will amplify the modulated carrier signal to a level appropriate for transmission, and deliver the modulated carrier signal to the antennas 40 through a matching network (not shown). Various modulation

and processing techniques available to those skilled in the art are applicable to the present invention.

[0036] In OFDM modulation, the transmission band is divided into multiple, orthogonal carrier waves. Each carrier wave is modulated according to the digital data to be transmitted. Because OFDM divides the transmission band into multiple carriers, the bandwidth per carrier decreases and the modulation time per carrier increases. Since the multiple carriers are transmitted in parallel, the transmission rate for the digital data, or symbols, on any given carrier is lower than when a single carrier is used.

[0037] OFDM modulation requires the performance of an Inverse Fast Fourier Transform (IFFT) on the information to be transmitted. For demodulation, the performance of a Fast Fourier Transform (FFT) on the received signal is required to recover the transmitted information. In practice, the Inverse Discrete Fourier Transform (IDFT) and Discrete Fourier Transform (DFT) are implemented using digital signal processing for modulation and demodulation, respectively.

[0038] Accordingly, the characterizing feature of OFDM modulation is that orthogonal carrier waves are generated for multiple bands within a transmission channel. The modulated signals are digital signals having a relatively low transmission rate and capable of staying within their respective bands. The individual carrier waves are not modulated directly by the digital signals. Instead, all carrier waves are modulated at once by IFFT processing.

[0039] In the preferred embodiment, OFDM is used at least for the downlink transmission from the base stations 14 to the mobile terminals 16. Further, the base stations 14 are synchronized to a common clock via GPS signaling and coordinate communications via the base station controller 10. Each base station 14 is equipped with n transmit antennas 28, and each mobile terminal 16 is equipped with m receive antennas 40. Notably, the respective antennas can be used for reception and transmission using appropriate duplexers or switches and are so labeled only for clarity.

[0040] With reference to Figure 4, a logical OFDM transmission architecture is provided according to one embodiment. Initially, the base station controller 10 sends data 44 to be transmitted to a mobile terminal 16 to the base station 14. The data, which is a stream of bits, is scrambled in a

manner reducing the peak-to-average power ratio associated with the data using data scrambling logic 46. A cyclic redundancy check (CRC) for the scrambled data is determined and appended to the scrambled data using CRC logic 48. Next, channel coding is performed using channel encoder logic 50 to effectively add redundancy to the data to facilitate recovery and error correction at the mobile terminal 16. The channel encoder logic 50 uses known Turbo encoding techniques in one embodiment. The encoded data is then processed by rate matching logic 52 to compensate for the data expansion associated with encoding.

[0041] Bit interleaver logic 54 systematically reorders the bits in the encoded data to minimize the loss of consecutive data bits is provided by. The resultant data bits are systematically mapped into corresponding symbols depending on the chosen baseband modulation by mapping logic 56. Preferably, Quadrature Amplitude Modulation (QAM) or Quadrature Phase Shift Key (QPSK) modulation is used. The symbols may be systematically reordered to further bolster the immunity of the transmitted signal to periodic data loss caused by frequency selective fading using symbol interleaver logic 58.

[0042] At this point, groups of bits have been mapped into symbols representing locations in an amplitude and phase constellation. Blocks of symbols are then processed by space-time block code (STC) encoder logic 60, which modifies the symbols in a fashion making the transmitted signals more resistant to interference and readily decoded at a mobile terminal 16. The STC encoder logic 60 will process the incoming symbols and provide n outputs corresponding to the number of transmit antennas 28 for the base station 14. The control system 20 and/or baseband processor 22 will provide a mapping control signal to control STC encoding. Further detail regarding the STC encoding is provided later in the description. At this point, assume the symbols for the n outputs are representative of the data to be transmitted and capable of being recovered by the mobile terminal 16. See A.F. Naguib, N. Seshadri, and A.R. Calderbank, "Applications of space-time codes and interference suppression for high capacity and high data rate wireless systems," Thirty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems &

Computers, Volume 2, pp. 1803-1810, 1998, which is incorporated herein by reference in its entirety.

[0043] For the present example, assume the base station 14 has two antennas 28 ($n=2$) and the STC encoder logic 60 provides two output streams of symbols. Accordingly, each of the symbol streams output by the STC encoder logic 60 is sent to a corresponding IFFT processor 62, illustrated separately for ease of understanding. Those skilled in the art will recognize that one or more processors may be used to provide such digital signal processing alone or in combination with other processing described herein. The IFFT processors 62 will preferably operate on the respective symbols using IDFT or like processing to effect an inverse Fourier Transform. The output of the IFFT processors 62 provides symbols in the time domain. The time domain symbols are grouped into frames, which are associated with prefix and pilot headers by like insertion logic 64. Each of the resultant signals is up-converted in the digital domain to an intermediate frequency and converted to an analog signal via the corresponding digital up-conversion (DUC) and digital-to-analog (D/A) conversion circuitry 66. The resultant (analog) signals are then simultaneously modulated at the desired RF frequency, amplified, and transmitted via the RF circuitry 68 and antennas 28. Notably, the transmitted data is preceded by pilot signals, which are known by the intended mobile terminal 16 and implemented by modulating the pilot header and scattered pilot sub-carriers. The mobile terminal 16, which is discussed in detail below, will use the scattered pilot signals for channel estimation and interference suppression and the header for identification of the base station 14.

[0044] Reference is now made to Figure 5 to illustrate reception of the transmitted signals by a mobile terminal 16. Upon arrival of the transmitted signals at each of the antennas 40 of the mobile terminal 16, the respective signals are demodulated and amplified by corresponding RF circuitry 70. For the sake of conciseness and clarity, only one of the two receive paths is described and illustrated in detail. Analog-to-digital (A/D) converter and down-conversion circuitry 72 digitizes and downconverts the analog signal for digital processing. The resultant digitized signal may be used by automatic

gain control circuitry (AGC) 74 to control the gain of the amplifiers in the RF circuitry 70 based on the received signal level.

[0045] Preferably, each transmitted frame has a defined structure having two identical headers. Framing acquisition is based on the repetition of these identical headers. Initially, the digitized signal is provided to synchronization logic 76, which includes coarse synchronization logic 78, which buffers several OFDM symbols and calculates an auto-correlation between the two successive OFDM symbols. A resultant time index corresponding to the maximum of the correlation result determines a fine synchronization search window, which is used by the fine synchronization logic 80 to determine a precise framing starting position based on the headers. The output of the fine synchronization logic 80 facilitates frame acquisition by the frame alignment logic 84. Proper framing alignment is important so that subsequent FFT processing provides an accurate conversion from the time to the frequency domain. The fine synchronization algorithm is based on the correlation between the received pilot signals carried by the headers and a local copy of the known pilot data. Once frame alignment acquisition occurs, the prefix of the OFDM symbol is removed with prefix removal logic 86 and a resultant samples are sent to frequency offset and Doppler correction logic 88, which compensates for the system frequency offset caused by the unmatched local oscillators in the transmitter and the receiver and Doppler effects imposed on the transmitted signals. Preferably, the synchronization logic 76 includes frequency offset, Doppler, and clock estimation logic, which is based on the headers to help estimate such effects on the transmitted signal and provide those estimations to the correction logic 88 to properly process OFDM symbols.

[0046] At this point, the OFDM symbols in the time domain are ready for conversion to the frequency domain using the FFT processing logic 90. The results are frequency domain symbols, which are sent to processing logic 92. The processing logic 92 extracts the scattered pilot signal using scattered pilot extraction logic 94, determines a channel estimate based on the extracted pilot signal using channel estimation logic 96, and provides channel responses for all sub-carriers using channel reconstruction logic 98. The frequency domain symbols and channel reconstruction information for each

receive path are provided to an STC decoder 100, which provides STC decoding on both received paths to recover the transmitted symbols. The channel reconstruction information provides the STC decoder 100 sufficient information to process the respective frequency domain symbols to remove the effects of the transmission channel.

[0047] The recovered symbols are placed back in order using the symbol de-interleaver logic 102, which corresponds to the symbol interleaver logic 58 of the transmitter. The de-interleaved symbols are then demodulated or de-mapped to a corresponding bitstream using de-mapping logic 104. The bits are then de-interleaved using bit de-interleaver logic 106, which corresponds to the bit interleaver logic 54 of the transmitter architecture. The de-interleaved bits are then processed by rate de-matching logic 108 and presented to channel decoder logic 110 to recover the initially scrambled data and the CRC checksum. Accordingly, CRC logic 112 removes the CRC checksum, checks the scrambled data in traditional fashion, and provides it to the de-scrambling logic 114 for de-scrambling using the known base station de-scrambling code to recover the originally transmitted data.

[0048] Since OFDM is a parallel transmission technology, the entire useful bandwidth is divided into many-sub-carriers, which are modulated independently. A common synchronization channel, a pilot channel, and a broadcasting channel are multiplexed into the header of the OFDM symbol in the frequency domain based on the sub-carrier position. The common synchronization channel is used for initial acquisition for timing synchronization, frequency and Doppler estimation, and initial channel estimation.

[0049] In one embodiment, 256 common synchronization sub-carriers are further divided between the respective transmission paths wherein each path is associated with 128 common synchronization sub-carriers, respectively. A common complex PN code of size 256, which is shared by both transmit paths, is used to modulate the sub-carriers reserved for the common synchronization channels.

[0050] The pilot channel is used for synchronization, initial channel estimation, base station identification, and carrier-to-interference ratio (CIR) measurements for cell (or base station) selection. In one embodiment, 256

sub-carriers are reserved for dedicated pilots wherein each transmission path has 128 pilot sub-carriers. A unique complex PN code with length 256 is assigned to each base station 14 and mapped to these dedicated pilots. The orthogonality of the PN codes assigned to the different base stations 14 provides for base station identification and initial interference measurement.

[0051] In one embodiment, the frame structure has two identical header symbols at the beginning of every 10 ms frame. The framing acquisition is based on the repeated headers. When turned on, the mobile terminal 16 will start the time domain coarse synchronization processing. A running buffer is used to buffer several OFDM symbols, and then calculate the auto-correlation between two successful OFDM symbols. The coarse synchronization position is the time index corresponding to the maximum output of the auto-correlations.

[0052] After framing acquisition, only the rough range of the location of the starting position of the first header symbol is known. To perform OFDM modulation in the frequency domain, the starting location of OFDM symbol must be exact so the FFT can transfer the signals from the time domain to the frequency domain. Accordingly, the location of the first sample in the first header of the OFDM symbol is determined. Fine synchronization is based on the correlation between the pilot data in the headers of the received signals and a local copy of the known pilot data.

[0053] With regard to channel estimation, each sub-band, which is represented by a modulated sub-carrier, only covers a small fraction of the entire channel bandwidth. The frequency response over each individual sub-band is relatively flat, which makes coherent demodulation relatively easy. Since the transmission channel corrupts the transmitted signal in amplitude and phase, reliable channel knowledge is required to perform coherent detection. As noted, one embodiment uses a pilot signal for channel parameter estimation to keep track of channel characteristics caused by the movement of the mobile terminal 16. Accordingly, scattered pilot signals are inserted in a regular pattern. The pilot signals are periodically interpolated to obtain current channel information required for STC decoding.

[0054] Based on the above, system access is characterized as follows. Initially, coarse synchronization correlation is performed based on the

preamble header in the time domain to determine a coarse synchronization location. At the coarse synchronization location, a fine synchronization search window is identified. An FFT is computed, and the system switches to the common synchronization channel to perform fine synchronization within the fine synchronization search window. Next, the strongest correlation peaks are identified, and the relevant time index are used as the candidate timing synchronization positions. An FFT is computed at each candidate timing synchronization position, and the system switches to the pilot channel.

[0055] The PN sequences for all base stations 14 are correlated, and correlation peaks are selected to define an index corresponding to all candidate timing synchronization positions. The CIRs for these base stations 14 are identified. The base station with highest CIR is selected as the serving base station, and the base stations 14 with CIRs greater than a given threshold are also selected for the active set list. If more than one base station 14 is on the active set list, the soft handoff procedures of the present invention are initiated. The FFT is then computed and the fine synchronization is provided using the PN code for each of the selected base station(s) 14.

[0056] During operation, the transmitter architecture of the mobile terminal 16 will facilitate system access as follows. In general, downlink communications from a base station 14 to a mobile terminal 16 are initiated by the mobile terminal 16. Each mobile terminal 16 constantly measures all of the possible pilot signal strengths of transmissions from adjacent base stations 14, identifies the strongest pilot signals, and compares them against a defined threshold. If the pilot signal strength for a base station 14 exceeds the defined threshold, that base station 14 is added to an active set list. Each mobile terminal 16 will notify the base stations 14 of their active set lists. If there is only one base station 14 in the active set list, that base station 14 is singled out to service the mobile terminal 16. If there is more than one base station 14 on the active set list, a soft handoff is enabled between those base stations 14. The soft handoff condition will continue until only one base station 14 is on the active set list, wherein the lone base station 14 will continue to serve the mobile terminal 16. During soft handoff, all base stations 14 on the active set list will facilitate communications with the mobile

terminal 16 as defined below. Preferably, the base station controller 10 keeps track of all of the active set lists for the respective mobile terminals 16. The mobile terminals 16 will keep track of their individual set lists.

[0057] Accordingly, by providing the set list to the base station controller 10 and the servicing base station 14, the mobile terminal 16 identifies the sole servicing base station 14 or triggers a soft handoff (SHO) mode when multiple base stations appear on the active set list. The SHO mode uses a combination of scheduling and STC coding to affect efficient and reliable handoffs. During a SHO mode, the base station controller 10 either multicasts or non-multicasts data packets intended for the mobile terminal 16 to each of the base stations 14 on the active set list. Multicasting indicates that each data packet is sent to each base station 14 on the active set list for transmission to the mobile terminal 16. Non-multicasting indicates that data packets are divided into sub-packets in some manner and each sub-packet is sent to one of the base stations 14 on the active set list for transmission to the mobile terminal 16. Unlike multicasting, redundant information is not transmitted from each base station 14 on the active set list.

[0058] In either multicasting or non-multicasting embodiments, the base stations 14 provide STC encoding of the transmitted data and the mobile terminals 16 provide corresponding STC decoding to recover the transmitted data. The STC coding may be either space-time-transmit diversity (STTD) or V-BLAST-type coding. STTD coding encodes data into multiple formats and simultaneously transmits the multiple formats with spatial diversity (i.e. from antennas 28 at different locations). V-BLAST-type coding separates data into different groups and separately encodes and simultaneously transmits each group with spatial diversity. Other coding will be recognized by those skilled in the art. The mobile terminal 16 will separately demodulate and decode the transmitted data from each base station 14, and then combine the decoded data from each base station 14 to recover the original data.

[0059] The following illustrates an exemplary process for identifying base stations 14 to place in the active set list, scheduling of data at the base stations 14, and STC coding for transmission of scheduled data from the base stations 14 to the mobile terminals 16.

[0060] For a multiple-input-multiple-output (MIMO) OFDM system as illustrated in Figure 1, the pilot signal is embedded in the preamble of each frame for each base station 14. The mobile terminal 16 can identify each base station 14 based on the pseudo-noise sequence of the pilot signal. The mobile terminal 16 is able to measure the carrier-to-interference ratio (CIR) based on the pilot signal for each adjacent base station 14. Based on the strength of the pilot signal, the mobile terminal 16 can determine the active set list. If more than one base station 14 is on the active set list, the mobile terminal 16 will trigger SHO procedure through the uplink signaling with the base station 14, which will communicate the same to the base station controller 10.

[0061] With reference to Figure 6, an exemplary active set list for a communication environment is shown. Assume that a single base station controller 10 controls the operation of nine base stations, BS1-BS9. Further assume that there are fifteen mobile terminals 16 identified as mobile terminals A-O within the communication environment, and that all of the mobile terminals (A-O) are in handoff areas from which service may be provided by two or three of the base stations BS1-BS9. The shaded areas of the active set list tables identify the active set lists of base stations BS1-BS9 for each of the mobile terminals A-O. In the present example, mobile terminals A, B, F, G, K, and L are involved in a two-way SHO procedure wherein two of the base stations BS1-BS9 are on the corresponding mobile terminals' active set lists. Similarly, mobile terminals C, D, E, H, I, J, M, N, and O are in a three-way SHO procedure, wherein three of the base stations BS1-BS9 are on the corresponding mobile terminals' active set lists. For example, the active set list of mobile terminal B identifies base stations BS3 and BS5 and the active set list for mobile terminal H identifies base stations BS1, BS6, and BS7. As noted, once these mobile terminals A-O determine that there are multiple base stations BS1-BS9 on the active set list, the mobile terminal 16 will trigger a SHO procedure through uplink signaling with its currently servicing base station 14. The base station 14 will alert the base station controller 10, which will begin the SHO procedure.

[0062] Prior OFDM handoffs were hard handoffs, and the servicing base station 14 handled scheduling of data for transmission for any given mobile

terminal 16 autonomously. Since only one base station 14 served a mobile terminal 16 at any one time, there was no need to employ joint scheduling. In contrast, the present invention employs joint scheduling for base stations 14 on the active set list of a mobile terminal 16. As such, the base station controller 10 and not the serving base station 14 is used to schedule data packets for transmission during the SHO mode for each mobile terminal 16. Although the base station controller 10 may provide all scheduling for associated base stations 14, the preferred embodiment of the present invention delegates scheduling of data for mobile terminals 16 that are not in the SHO mode to the servicing base station 14.

[0063] In order to minimize the complexity of the system, the base station controller 10 classifies the active mobile terminals 16 into two categories: (1) SHO and (2) non-SHO. For a non-SHO mobile terminal 16, each base station 14 will schedule packet transmissions independently based on the channel quality reported at that particular base station 14 by the mobile terminal 16. For example, the scheduling may be based on maximum CIR scheduling, round robin scheduling, or any other scheduling provision known in the art. For a SHO mobile terminal 16, the base station controller 10 may use a simple round robin scheduler and may either multicast or non-multicast the packets to the base stations 14 on the active set list at a given time slot.

[0064] For multicast, each data packet is sent to each base station 14 on the active set list for transmission to the mobile terminal 16. For non-multicast, data packets are divided into sub-packets in some manner and each sub-packet is sent to one of the base stations 14 on the active set list for transmission to the mobile terminal 16. In the latter case, there is no redundancy among the base stations 14. Each base station 14 sends a unique piece of the data being transmitted. When SHO-mode scheduling is not required, the serving base stations 14 will schedule and transmit data to mobile terminals 16 in the non-SHO mode. The round robin scheduling provided by the base station controller 10 for a mobile terminal 16 in SHO mode can be determined by the ratio of the number of SHO-mode mobile terminals to the non-SHO-mode mobile terminals 16. Alternatively, the scheduling may be controlled to maximize capacity, minimize delay, etc. The

packet transmission for a SHO mode can be signaled via fast downlink signaling.

[0065] An exemplary round robin scheduling technique for the base station controller 10 is illustrated in Figure 7A in light of the active set list information provided in Figure 6. As depicted, communications between a base station 14 and a mobile terminal 16 are assigned to a given time slot in a scheduling period. The base station controller 10 schedules communications for designated time slots for mobile terminals 16 operating in a SHO mode and leaves the shaded time slots open for traditional, non-SHO mode scheduling at the respective base stations 14. Accordingly, the base station controller 10 will schedule data to be sent to each of the base stations 14 participating in a SHO mode with a given mobile terminal 16 for a common time slot. For example, data to be transmitted to mobile terminal I is scheduled for time slot 1 for base stations BS1, BS6, and BS7. Data to be transmitted to mobile terminal C is scheduled for time slot 1 and sent to base stations BS3, BS4, and BS5. Similarly, data to be transmitted to mobile terminal O is also scheduled for time slot 1 and delivered to base stations BS2, BS8, and BS9 on its active set list. Thus, data to be transmitted to a mobile terminal 16 in a SHO mode is scheduled for a common time slot for each of the base stations 14 in the active set list. To minimize the processing required for round robin scheduling, the allocation of time slots for the various mobile terminals 16 participating in the SHO mode are kept consistent from one scheduling period to the next until there is a change in the active set list for one or more of the mobile terminals 16. As illustrated, the allocation of communications for the mobile terminals 16 for time slot 1 and 13 are identical, and so on and so forth. Once the base stations 14 provide the multicasting or non-multicasting of the SHO mode data, the base stations 14 can provide scheduling during the shaded time slots for mobile terminals 16 that are not operating in the SHO mode.

[0066] Figure 7B illustrates an alternative scheduling arrangement, wherein the scheduling for SHO mode and non-SHO mode mobile terminals 16 is not repeated from one scheduling period to another, but is recomputed and reassigned during each scheduling period. During time slot 1, data to be transmitted to mobile terminal I is sent to base stations BS1, BS6, and BS7,

wherein data to be transmitted to mobile terminal L is sent to base stations BS2 and BS9. Base stations BS3, BS4, BS5, and BS8 are free to schedule data to non-SHO mode mobile terminals 16. Corresponding time slot 13 in the subsequent scheduling period does not parallel the allocations of time slot 1. The base station controller 10 will compute a different scheduling and slot allocation procedure for the scheduling period, wherein mobile terminals J and O, which are operating in the SHO mode, are scheduled to have data transmitted to base stations BS1, BS6, and BS7, and base stations BS2, BS8, and BS9, respectively. Those skilled in the art will recognize the numerous ways to facilitate scheduling for SHO mode terminals via the base station controller 10 while allocating time slots for the base stations 14 to provide scheduling for mobile terminals not operating in a SHO mode.

[0067] Regardless of scheduling techniques, each base station 14 on the active set will perform the space-time coding at the same time during the assigned time slot. Accordingly, the mobile terminal 16 will receive the entire space-time coded data packet transmitted from the multiple base stations 14. The mobile terminal 16 will separately demodulate and decode the transmitted data from each base station 14, and then combine the decoded data from each base station 14 to recover the original data.

[0068] With reference to Figures 8A-8C, an exemplary flow of an active SHO process is described. Initially, a mobile terminal 16 will measure the pilot signal strength of each base station (step 200) and compute the carrier-to-interference ratio (CIR) using equation 1 (step 202).

Equation 1:

$$CIR_0 = C / (I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N),$$

wherein C is a measure of the pilot signal strength of the servicing base station 14 and I_1 through I_N are measures of the pilot signal strengths for adjacent base stations 14 (BS1 through BSN). If the computed CIR is greater than a threshold CIR (Th_0) (step 204), the mobile terminal 16 will maintain the servicing base station 14 in the active set list, and not add any of the adjacent base stations 14 to the active set list. Thus, the mobile terminal 16 will receive communications only from the servicing base station 14 and will not

be in a SHO mode (step 206). If the computed CIR is not greater than the threshold CIR Th_0 , the mobile terminal 16 will compute another CIR using equation 2 (step 208).

Equation 2:

$$CIR_1 = (C + I_1) / (I_2 + I_3 + \dots + I_N).$$

[0069] If CIR_1 is greater than the threshold CIR (step 210), the mobile terminal 16 will trigger a two-way SHO between the servicing base station 14 and the adjacent base stations 14 from which I_1 was measured (step 212). If CIR_1 was not greater than the threshold CIR (step 210), then the mobile terminal 16 computes another CIR using equation 3 (step 214).

Equation 3:

$$CIR_2 = (C + I_1 + I_2) / (I_3 + \dots + I_N).$$

If CIR_2 is greater than the threshold CIR (step 216), the mobile terminal 16 will trigger a three-way SHO mode with the servicing base station 14 and the adjacent base stations 14 associated with I_1 and I_2 (step 218). If CIR_2 is not greater than the threshold CIR (step 216), the mobile terminal 16 will compute a new CIR according to equation 4 (step 220),

Equation 4:

$$CIR_3 = (C + I_1 + I_2 + I_3) / (I_4 + \dots + I_N),$$

and the process will continue by adding an adjacent interference component from adjacent base stations 14 until a sufficient, combined CIR exceeds the threshold CIR Th_0 .

[0070] For the present example, assume that a two-way SHO procedure was triggered wherein the flow moves to Figure 8B. Once the mobile terminal 16 achieves a CIR greater than the threshold CIR, it will send information identifying the base stations 14 on the active set list and the calculated CIR to the servicing base station 14 (step 222). The servicing base station 14 will report the active set list and the calculated CIR to the base station controller 10 (step

224). The base station controller 10 grants the SHO mode for the base stations 14 on the active set list or a subset thereof, and establishes SHO procedure with the appropriate base stations 14 (step 226). The scheduler at the base station controller 10 will assign time slots for the SHO mode as described above, and will send data packets to the base stations 14 on the active set list or a subset thereof (step 228). The base stations on the active set list will perform the joint space-time coding and transmit data at slots assigned by the scheduler of the base station controller 10 (step 230).

[0071] Next, the mobile terminal 16 will combine and decode the signals from the base stations 14 on the active set list, and will attempt to decode the transmitted data (step 232). The mobile terminal 16 will then attempt to decode the data received from the base stations 14 on the active set list (step 234). If the data is properly decoded (step 236), the mobile terminal 16 will send an acknowledgement (ACK) to the base stations 14 on the active set list (step 238).

[0072] If the data is not properly decoded (step 236), the mobile terminal 16 will send a negative-acknowledgement (NACK) to the base stations 14 on the active set list (step 240). In response, the base stations 14 on the active set list will perform joint space-time coding and re-transmit the data (step 242). The mobile terminal 16 may then perform an automatic repeat request (ARQ) or hybrid ARQ (HARQ) soft combining (step 244), and the process will repeat.

[0073] During the transition to a SHO mode, the servicing base station 14 will have data that needs to be transmitted and will not be able to be scheduled for multicast or non-multicast transmission by the base station controller 10. Accordingly, the servicing base station 14 must transmit the residual data to the mobile terminal 16 prior to fully entering the SHO mode. In one embodiment, a single-cast technique is used where the servicing base station 14 transmits the residual data to the mobile terminal 16 and the other base stations 14 on the active set list do not transmit information in the channels or bands used by the servicing base station 14. Additional information on single-casting is provided in greater detail later in this specification. Referring again to Figure 8B, during transition to a SHO mode, the servicing base station 14 will single-cast data to the mobile terminal 16

wherein the other base stations on the active set list will not transmit (step 246). Further, throughout the process of scheduling data for SHO mode mobile terminals 16, each base station 14 will autonomously schedule data for non-SHO mode mobile terminals 16 (step 248).

[0074] With reference to Figure 8C, throughout the process, the mobile terminal 16 will continue to measure the pilot signal strength of all the adjacent base stations 14 (step 250) and calculate CIRs. Accordingly, the mobile terminal 16 may compute the CIR using equation 2 (step 252), and determine if the resultant CIR is greater than the threshold CIR Th_0 (step 254). If CIR_1 is greater than threshold CIR Th_0 (step 254), the mobile terminal 16 will update and report the active set list to the servicing base station 14 (step 256). Further, the base station controller 10 will remove base station BS2 from the SHO mode for the mobile terminal 16 (step 258). The base station BS2 is removed because the CIR of the servicing base station 14 is sufficient without use of base station BS2. Accordingly, the process will continue with step 226 of Figure 8B.

[0075] If the value of CIR_1 was not greater than threshold CIR Th_0 (step 254), the mobile terminal 16 will compute CIR using equation 3 (step 260). If the value of CIR_2 is greater than threshold CIR Th_0 (step 262), the two-way SHO mode is still necessary, and the process will continue at step 226 of Figure 8B. If the value of CIR_2 is not greater than the threshold CIR Th_0 (step 262), the mobile terminal 16 will compute the value of the CIR using equation 4 (step 264). Accordingly, if the value of CIR_3 is not greater than threshold CIR Th_0 (step 266), the mobile terminal 16 will compute the value of CIR_4 (step 272), and so on and so forth until a sufficient number of base stations 14 are added to the active set list to cause the value of CIR to exceed the threshold CIR Th_0 .

[0076] If the value of CIR_3 is greater than the threshold CIR Th_0 (step 266), the mobile terminal 16 will update the active set list to include the base station BS3 associated with I_3 and report the updated active list to the service base station 14 (step 268). At this point, the base station controller 10 will add the base station BS3 to the SHO mode (step 270), and the process will continue at step 226 of Figure 8B.

[0077] The data is transmitted from the base stations 14 to the mobile terminals 16 using unique space-time coding schemes. The following outlines two space-time-coding schemes involving transmission division in the frequency domain at each base station 14. For each scheme, two embodiments are described. Figures 9 and 10 illustrate a MIMO-OFDM scheme for a mobile terminal 16 in a SHO-mode involving three base stations 14 (BS1, BS2, and BS3). Transmission division in the frequency domain is implemented in combination with space-time coding at each base station 14. Such transmission division involves segregating the available OFDM frequency sub-bands among the participating base stations 14. Each base station 14 only modulates the data it has been scheduled to transmit on the corresponding sub-bands. Figure 10 illustrates the sub-band mapping among the three base stations 14 (BS1, BS2, and BS3) for one path of a dual path implementing space-time coding for a given period of time. The other path will use the same sub-bands, but implement different coding. The mapping control signal (Figure 4) is used to control mapping of the sub-bands. The base stations 14 are coordinated via the base station controller 10 to select different sub-bands for mapping control and STC encoding, as described herein, and to control power boosting.

[0078] For the first base station 14 (BS1), the bottom third of the sub-bands are used to modulate and transmit traffic data wherein the remaining two-thirds of the sub-bands are unused. Notably, the pilot signal is scattered throughout the traffic data, but not throughout the unused sub-bands. For the second base station 14 (BS2), the middle third of the sub-bands are used to modulate and transmit traffic data wherein the remaining two-thirds of the sub-bands are unused. For the third base station 14 (BS3), the top third of the sub-bands are used to modulate and transmit traffic data wherein the remaining two-thirds of the sub-bands are unused. For optimal performance, the power is boosted for the active sub-bands to realize the full power transmission and cut for the unused bands. Accordingly, the mobile terminal 16 will effectively receive a different third of the frequency bands from each of the base stations 14 (BS1, BS2, and BS3) and recover the corresponding data based on the STC and scheduling parameters. Preferably, the average power for the entire band remains within defined limits.

[0079] For non-multicast scheduling, different subpackets are sent to each base station 14 (BS1, BS2, and BS3), which will organize the data to effect the frequency division mapping and provide the space-time coding for two antennas as described above. Accordingly, each base station 14 is transmitting unique data. Each active sub-band is power boosted by $10\log_{10}(x)$ dB, where x is the number of base stations 14 in SHO mode and is equal to three in this example. The mobile terminal 16 receives the entire frequency band, a portion from each base station 14, and performs space-time decoding to retrieve the packet data.

[0080] For non-multicast scheduling, the same packets are sent to each base station 14 (BS1, BS2, and BS3), which will organize the data to effect the frequency division mapping and provide the space-time coding for two antennas as described above. Accordingly, each base station 14 is transmitting the same data at the same time, albeit in different formats. Again, each active sub-band is power boosted by $10\log_{10}(x)$ dB. The mobile terminal 16 receives the entire frequency band, a portion from each base station 14, and performs space-time decoding and diversity combining to retrieve the packet data. Both of the above options can achieve SHO gain, which provides CIR improvement, by converting the transmission power of a SHO base station 14 from interference into a useful signal. The first option allows high data throughput, but without macro-diversity combining gain, wherein the second option yields a lower throughput, but provides macro-diversity gain. In general, the number of participating base stations 14 in SHO mode can be reduced with the second option. Notably, there are several possible designs for the sub-band division, which may include interlacing and the like. Based on the teachings herein, those skilled in the art will recognize the various combinations to segregate the sub-bands among the participating base stations 14.

[0081] Figures 11 and 12 depict another MIMO-OFDM SHO scheme with *joint* base station diversity. In this embodiment, each base station 14 (BS1, BS2, and BS3) is associated with two antennas 28 (α and β). Unique to this embodiment is that spatial diversity is provided *across* base stations 14. As illustrated, the STC encoding results in two STC data streams, which are respectively transmitted from antennas at different base stations 14.

[0082] For non-multicast scheduling, a packet is divided into three unique sub-packets and sent to the base stations 14 (BS1, BS2, and BS3), respectively. Base station 14 (BS1) antenna α and Base station 14 (BS2) antenna β perform the space-time encoding for the first sub-packet; base station 14 (BS2) antenna α and base station 14 (BS3) antenna α perform the space-time encoding for the second sub-packet; and base station 14 (BS3) antenna β and base station 14 (BS1) antenna β perform the space-time encoding for the third sub-packet. Each antenna pair transmits one sub-packet, which is mapped onto one-third of the OFDM time-frequency sub-bands. The remaining two-thirds of the sub-bands are empty and not used for data transmission. Each transmitted sub-band is power boosted by $10\log_{10}(x)\text{dB}$, where x is the number of base stations 14 in SHO mode and is equal to three in this example. The mobile terminal 16 receives the entire frequency band and performs space-time decoding to retrieve the packet data.

[0083] For non-multicast scheduling, each packet is redundantly sent to the three base stations 14 (BS1, BS2, and BS3). Base station 14 (BS1) antenna α and Base station 14 (BS2) antenna β perform the space-time encoding for the packet; base station 14 (BS2) antenna α and base station 14 (BS3) antenna α perform the space-time encoding for the packet; and base station 14 (BS3) antenna β and base station 14 (BS1) antenna β perform the space-time encoding for the packet. Each antenna pair transmits a copy of the packet, which is mapped onto one-third of the OFDM time-frequency sub-bands. The remaining two-thirds of the sub-bands are empty and not used for data transmission. Each transmitted sub-band is power boosted by $10\log_{10}(x)\text{dB}$. Again, x is the number of base stations 14 in SHO mode and is equal to three in this example. The mobile terminal 16 receives the entire frequency band and performs space-time decoding to retrieve the packet data.

[0084] The joint STC scheme of Figure 11 provides additional space-time coding gain over that provided in Figure 9. The above examples for the MIMO-OFDM SHO space-time coding arrangement can be easily generalized into 2-way, 3-way and N-way SHO operation. Because of the frequency division property of OFDM systems, part of the band can be used for SHO

while the remainder of the band is used for transmitting the data packet to non-SHO users by each base station 14. This provides more flexibility to the scheduling for multi-users applications.

[0085] During the transition from a non-SHO mode to a SHO mode, the base stations 14 will have residual data, which needs to be transmitted to the mobile terminals 16 and cannot be scheduled at the base station controller 10. Accordingly, the present invention uses a single-casting technique, wherein data delivery may be orchestrated such that only one base station 14 transmits data during SHO mode on select sub-bands while the other participating base stations 14 avoid using the sub-bands used by the base station 14 to send the data. In this manner, interference associated with the sub-bands of the other base stations 14 is minimized. During single-casting, joint scheduling and processing associated with combining data received in part or whole from multiple base stations 14 is unnecessary, since the entire data is sent from only one base station 14. Again, boosting power for the active sub-carriers is beneficial. Once the residual data has been transmitted to the mobile terminals 16, the multicasting or non-multicasting for mobile terminals 16 operating in a SHO mode takes over, wherein the base station controller 10 schedules data, which is either multicast or non-multicast, to the base stations 14 on the active set list, and then transmitted to the mobile terminals 16.

[0086] As noted above, an important element for STC decoding is accurate channel estimation. The scattered pilot patterns are designed for the adjacent base station's pilot signal re-use planning. A scattered pilot pattern can have cyclic layout on the time-frequency plane. In order to achieve high quality channel estimation for the space-time decoding, the interference from the adjacent base stations 14 must be minimized. In one embodiment of the present invention, power may be boosted for each base station's scattered pilot singles, while for the same sub-carrier location of the all the other base stations 14, these sub-carrier transmissions should be turned off to create a power null as illustrated in Figure 13. With this arrangement, the scattered pilot sub-carriers are almost free from the co-channel interference.

[0087] Because the distances between mobile terminals 16 and base stations 14 are different for each set, there is a relative transmission delay

between the signals from the different base stations 14. During the base station identification and timing synchronization stage, the mobile terminal 16 has already measured the timing synchronization positions corresponding to different SHO base stations 14 in the active set list. In the SHO mode, the earliest arrival time from a particular base station 14 is used as the synchronization position. As a result, only one base station 14 can be in perfect timing synchronization, while the others have certain time offsets.

[0088] In general, an OFDM signal can tolerate time offsets up to the difference of the prefix and the maximum channel delay. As long as the time offset is within this tolerance, the orthogonality of the sub-channel is preserved. However the time offset will cause an additional phase rotation, which increases linearly with respect to the sub-channel index. For non-coherent detection, no channel information is needed, so the same STC decoding method as used in the non-SHO mode can be applied by mobile terminal 16, if the differential encoding direction is performed along time. However, for coherent detection, accurate channel information is necessary. The time offset may cause problems during channel reconstruction.

[0089] Let X, Y, H represent the transmitted signal, received signal and the channel response in a frequency domain, respectively and ignore noise. For a 2x2 case (two transmit and receive paths):

$$Y(k) = H(k)X(k)$$

where $Y(k) = \begin{bmatrix} Y^1(k) \\ Y^2(k) \end{bmatrix}$, $X(k) = \begin{bmatrix} X^1(k) \\ X^2(k) \end{bmatrix}$, $H(k) = \begin{bmatrix} h_{11}(k) & h_{21}(k) \\ h_{12}(k) & h_{22}(k) \end{bmatrix}$, and k is the sub-carriers index.

If there is a time offset, the above relation should be modified as

$$Y(k) = H'(k)X(k)$$

where: $H'(k) = \begin{bmatrix} h_{11}'(k) & h_{21}'(k) \\ h_{12}'(k) & h_{22}'(k) \end{bmatrix}$, $h_{ij}'(k) = h_{ij}(k)\varphi_i(k)$, $\varphi_i(k) = \exp(-i2\pi k \delta t^i / N_{FFT})$,

φ_i is the additional phase rotation introduced by the time offset for i^{th} transmit antenna, and $\delta t^{(i)}$ is the time offset in samples caused by the timing synchronization error for the signals from i^{th} transmit antenna. $\delta t^{(i)}$ is known during base station identification and timing synchronization.

[0090] Theoretically the equivalent channel response H' can be estimated and compensated with the help of pilot signals. However, since the channel estimation is based on the scattered pilots, care must be taken to compensate for relative transmission delay. The design principle of the density of the scattered pilots is to allow the reconstruction of the time and frequency varying channel response. The spacing between pilots in time direction is determined by the expected maximum Doppler frequency, while the spacing between pilots in the frequency direction is determined by the expected delay spread of the multi-path fading channel. The grid density of the scattered pilot pattern can provide enough sampling for the reconstruction of the propagation channel through interpolation. On the other hand, φ varies with the sub-carrier index, and its variation frequency increases with the increment of time offset. Therefore, the correlation bandwidth of the total equivalent channel response H' is determined by both the multi-path fading channel and the uncorrected time offset. As mentioned above, there is a time offset for the signals from the more distant base stations 14 because of the existence of the relative transmission delay. For example, in a 2x2 MIMO-OFDM system, 4 channels are needed for channel estimation. Two of them may have relatively large time offsets, and as a result, a fast additional phase rotation φ . Notably, the time offset will introduce fast phase rotation. When the variation of φ is much faster than that of H' , the grid density of the scattered pilots may not satisfy the sampling theorem; therefore, H' cannot be obtained correctly by interpolation.

[0091] To obtain correct channel information for all the multiple channels during SHO, a compensation method can be applied. The idea is that only the propagation channel is interpolated, for the variation of φ is known. After FFT processing, the received time domain samples are transferred to frequency domain components. Then, $h_{ij}'(k)$ can be obtained at pilot sub-carriers k . Before interpolation is used to obtain the channel response for all

the sub-carriers, the contribution from φ can be removed by multiplying $h_{ij}'(k)$ with the conjugate of $\varphi_i(k)$,

$$\tilde{h}_{ij}(k) = h_{ij}'(k) \varphi_i^*(k)$$

It should be noted that only the channels related to the base station 14 with time offset should be compensated. After interpolation, the channel response, \tilde{h}_{ij} , of all the useful sub-carriers are obtained. The total equivalent channel responses h_{ij}' of all the useful sub-carriers are obtained by multiplying \tilde{h}_{ij} with φ_i .

[0092] In essence, the channel responses for each of the data sub-carriers of the OFDM signal are compensated for transmission delays associated with transmission from each of the multiple base stations 14 participating in the OFDM soft handoff. In general, the mobile terminal 16 will use the unique PN codes provided in the preambles of each of the pilot signals from each of the base stations 14 to determine the relative transmission delays from each of the base stations 14 participating in the OFDM soft hand-off. After a fast Fourier transform, the scattered pilot signals of the OFDM signals are extracted in the frequency domain for each receiver section. Channel responses for the scattered pilot signals are estimated for each transmit channel. Any additional phase rotation caused by the transmission delays from the estimated channel responses are removed, preferably using the multiplication techniques described above. At this point, the channel responses for the scattered pilot signals are known, and are used to interpolate the channel responses for the data sub-carriers in the OFDM signal. Once the channel responses for the OFDM data sub-carriers are estimated, the phase rotation caused by the transmission delays are added to the channel responses for each of the OFDM sub-carriers to provide the actual channel estimates to use during receiving transmissions from the various base stations 14.

[0093] The present invention provides an efficient soft handoff technique for OFDM systems and improves data rates while minimizing interference

associated with OFDM communications with mobile terminals at cell borders. Those skilled in the art will recognize improvements and modifications to the preferred embodiments of the present invention. All such improvements and modifications are considered within the scope of the concepts disclosed herein and the claims that follow.

Claims

What is claimed is:

1. An orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) system comprising:
 - a) a base station controller adapted to schedule data for a mobile terminal during a soft handoff mode and deliver at least a portion of scheduled data for the mobile terminal to at least one of a plurality of base stations; and
 - b) the plurality of base stations operatively associated with the base station controller, each base station participating in the soft handoff adapted to:
 - i) receive the scheduled data for delivery to the mobile terminal;
 - ii) provide space-time coding for the scheduled data to generate a plurality of space-time coded signals;
 - iii) perform an Inverse Fourier Transform (IFT) on each of the plurality of space-time coded signals to generate a plurality of OFDM signals, each of the plurality of space-time coded signals configured to result in corresponding OFDM signals mapped into defined sub-bands in an OFDM spectrum of sub-bands, the defined sub-bands not used by other ones of the base stations participating in the soft handoff; and
 - iv) transmit the plurality of OFDM signals with spatial diversity for reception by the mobile terminal.
2. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is further adapted to provide the space-time coding such that the plurality of space-time coded signals are configured to result in a power boost associated with the defined sub-bands.
3. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is further adapted to provide the space-time coding such that the plurality of space-time coded signals are configured to result in a null associated

with sub-bands in the OFDM spectrum other than the defined sub-bands.

4. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is further adapted to provide the space-time coding wherein each of the plurality of OFDM signals includes identical data with different encoding.
5. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is further adapted to provide the space-time coding wherein each of the plurality of OFDM signals includes different parts of the scheduled data.
6. The OFDM system of claim 1 wherein the base station controller is adapted to send the data to be sent to the mobile terminal to each of the base stations participating in the soft handoff.
7. The OFDM system of claim 1 wherein the base station controller is adapted to divide the data to be sent to the mobile terminal into unique groups of data, and send each group of data to corresponding ones of the base stations participating in the soft handoff.
8. The OFDM system of claim 1 wherein the base station controller is adapted to send the data to be sent to the mobile terminal to only one of the base stations participating in the soft handoff as the scheduled data.
9. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is further adapted to insert scattered pilot signals in the plurality of OFDM signals.
10. The OFDM system of claim 9 wherein each base station is further adapted to insert the scattered pilot signals with a power boost in pilot sub-bands.

11. The OFDM system of claim 10 wherein each base station is further adapted to provide a null in sub-bands where other ones of the participating base stations insert the scattered pilot signals.
12. The OFDM system of claim 9 wherein each base station is further adapted to insert the scattered pilot signals among the defined sub-bands.
13. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is further adapted to provide scheduling of the data for mobile terminals that are not in the soft handoff.
14. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is associated with a plurality of antennas for providing the spatial diversity.
15. The OFDM system of claim 1 wherein each base station is associated with a plurality of antennas and the spatial diversity for each base station is provided by at least one of the plurality of antennas associated with other ones of the base stations.
16. The OFDM system of claim 1 wherein the base stations and the base station controller are adapted to cooperate to receive requests to enter soft handoff and identification of the base stations to participate in the soft handoff from the mobile terminal.
17. A base station in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) system comprising:
 - a) space-time encoding logic adapted to provide space-time coding of scheduled data to generate a plurality of space-time coded signals;
 - b) Inverse Fourier Transform (IFT) logic adapted to provide an IFT on each of the plurality of space-time coded signals to generate a plurality of OFDM signals, wherein during a soft handoff, each of the plurality of space-time coded signals is configured to result in

corresponding OFDM signals mapped into defined sub-bands in an OFDM spectrum of sub-bands, the defined sub-bands not used by other base stations participating in the soft handoff; and

- c) transmit circuitry having a plurality of transmit paths to facilitate transmitting the plurality of OFDM signals with spatial diversity for reception by the mobile terminal.
18. The base station of claim 17 wherein the space-time encoding logic is further adapted to provide the space-time coding such that the plurality of space-time coded signals are configured to result in a power boost associated with the defined sub-bands.
19. The base station of claim 17 wherein the space-time encoding logic is further adapted to provide the space-time coding such that the plurality of space-time coded signals are configured to result in a null associated with sub-bands in the OFDM spectrum other than the defined sub-bands.
20. The base station of claim 17 wherein the space-time encoding logic is further adapted to provide the space-time coding wherein each of the plurality of OFDM signals includes identical data with different encoding.
21. The base station of claim 17 wherein the space-time encoding logic is further adapted to provide the space-time coding wherein each of the plurality of OFDM signals includes different parts of the scheduled data.
22. The base station of claim 17 wherein the data is identical to data sent to the other base stations participating in the soft handoff.
23. The base station of claim 17 wherein the data is only a portion of the data to be sent to the mobile terminal and the other base stations

participating in the soft handoff provide a remaining portion of the data to be sent to the mobile terminal.

24. The base station of claim 17 wherein the data represents all of the data to be sent to the mobile terminal to only one of the base station, and the remaining base stations participating in the soft handoff are not sent any portion of the data to be sent to the mobile terminal during a given time slot.
25. The base station of claim 17 wherein the transmit circuitry is further adapted to insert scattered pilot signals in the plurality of OFDM signals.
26. The base station of claim 25 wherein the transmit circuitry is further adapted to insert the scattered pilot signals with a power boost in pilot sub-bands.
27. The base station of claim 26 wherein the transmit circuitry is further adapted to provide a null in sub-bands where other ones of the participating base stations insert the scattered pilot signals.
28. The base station of claim 25 wherein the transmit circuitry is further adapted to insert the scattered pilot signals among the defined sub-bands.
29. The base station of claim 17 further comprising receive circuitry adapted to receive a request to enter soft handoff and identification of the base stations to participate in the soft handoff from the mobile terminal.
30. A method for facilitating soft handoffs in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) system comprising:
 - a) providing space-time coding of scheduled data to generate a plurality of space-time coded signals;

- b) generating an Inverse Fourier Transform (IFT) on each of the plurality of space-time coded signals to generate a plurality of OFDM signals, wherein during a soft handoff, each of the plurality of space-time coded signals is configured to result in corresponding OFDM signals mapped into defined sub-bands in an OFDM spectrum of sub-bands, the defined sub-bands not used by other base stations participating in the soft handoff; and
 - c) transmitting the plurality of OFDM signals with spatial diversity for reception by the mobile terminal.
31. The method of claim 30 wherein the space-time coding is such that the plurality of space-time coded signals are configured to result in a power boost associated with the defined sub-bands.
32. The method of claim 30 wherein the space-time coding is such that the plurality of space-time coded signals are configured to result in a null associated with sub-bands in the OFDM spectrum other than the defined sub-bands.
33. The method of claim 30 wherein the space-time coding is such that each of the plurality of OFDM signals includes identical data with different encoding.
34. The method of claim 30 wherein the space-time coding is such that each of the plurality of OFDM signals includes different parts of the scheduled data.
35. The method of claim 30 further comprising scheduling data to be transmitted to the mobile terminal during the soft handoff for all base stations participating in the soft handoff wherein the scheduled data for one base station is identical to the scheduled data sent to the other base stations participating in the soft handoff.

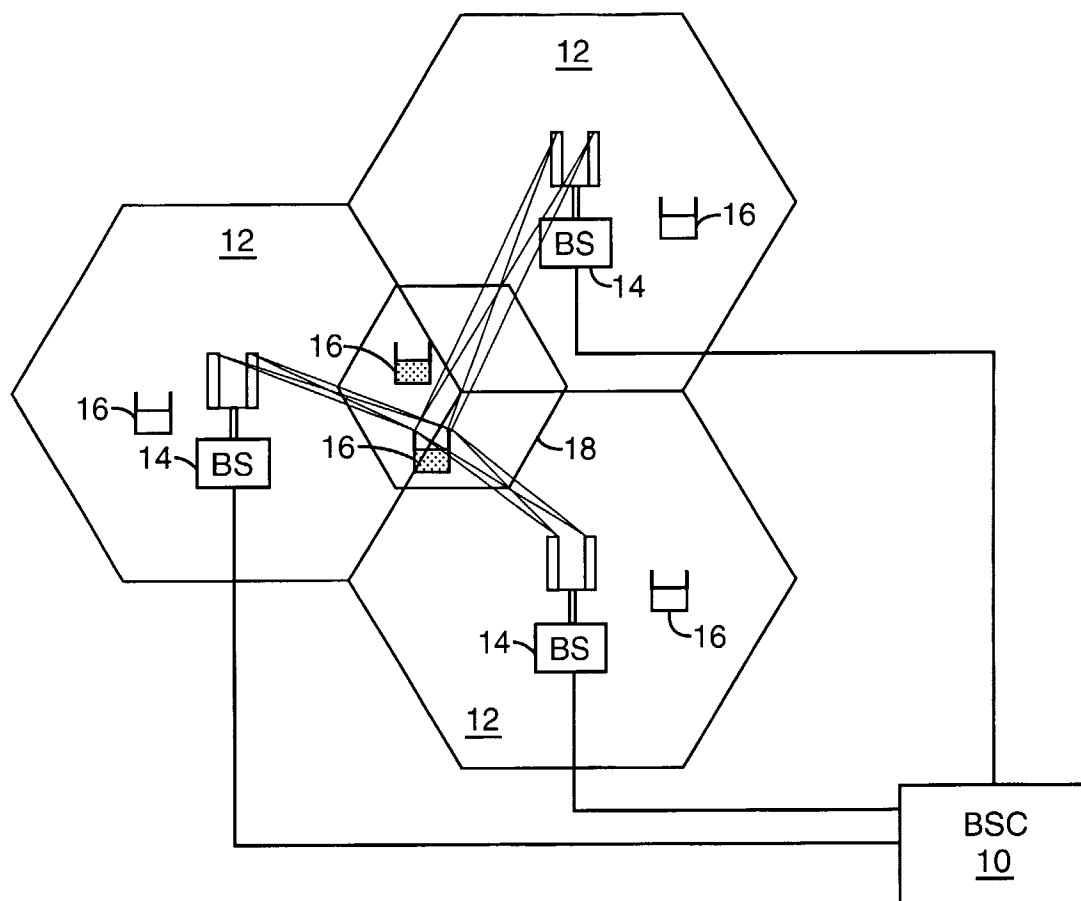
36. The method of claim 30 further comprising scheduling data to be transmitted to the mobile terminal during the soft handoff for all base stations participating in the soft handoff wherein the scheduled data for one base station is only a portion of the data to be sent to the mobile terminal and the scheduled data for the other base stations participating in the soft handoff represent a remaining portion of the data to be sent to the mobile terminal.
37. The method of claim 30 further comprising scheduling data to be transmitted to the mobile terminal during the soft handoff for all base stations participating in the soft handoff wherein the scheduled data represents all of the data to be sent to the mobile terminal and is only sent to one base station participating in the soft handoff during a given time slot.
38. The method of claim 30 further comprising inserting scattered pilot signals in the plurality of OFDM signals.
39. The method station of claim 38 further comprising inserting the scattered pilot signals with a power boost in pilot sub-bands.
40. The method of claim 39 further comprising providing a null in sub-bands where other ones of the participating base stations insert the scattered pilot signals.
41. The method of claim 38 further comprising inserting the scattered pilot signals among the defined sub-bands.
42. The method of claim 30 further comprising receiving a request to enter the soft handoff and identification of the base stations to participate in the soft handoff from the mobile terminal.
43. A mobile terminal facilitating soft handoffs in an orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) system comprising:

- a) receive circuitry adapted to receive and downconvert a plurality of OFDM signals, which were encoded using space-time encoding and transmitted using spatial diversity;
 - b) Fourier Transform (FT) logic adapted to provide a FT on each of the plurality of OFDM signals to generate a plurality of space-time coded signals,
 - c) space-time decoder logic adapted to provide space-time decoding on the plurality of space-time coded signals to recover scheduled data from servicing base stations;
 - d) processing logic adapted to:
 - i) monitor signal strength from a plurality of base stations;
 - ii) identify ones of the plurality of base stations having signal strength over a defined threshold; and
 - iii) enter a soft handoff mode when more than one of the plurality of base stations have a signal strength over the defined threshold; and
 - e) transmit circuitry adapted to transmit information identifying the ones of the plurality of base stations having signal strength over the defined threshold.
44. The mobile terminal of claim 43 wherein the transmit circuitry is further adapted to transmit information requesting entry into the soft handoff mode.
45. The mobile terminal of claim 43 wherein the processing logic is adapted to receive identical scheduled data from each base station having signal strength over the defined threshold during the soft handoff mode and combine the identical scheduled data received from each base station to recover received data.
46. The mobile terminal of claim 43 wherein the processing logic is adapted to receive different scheduled data from each base station having a signal strength over the defined threshold during the soft

handoff mode and combine the different scheduled data received from each base station to recover received data.

47. The mobile terminal of claim 43 wherein the processing logic is adapted to receive the scheduled data from only one of the base stations having a signal strength over the defined threshold during the soft handoff mode during a given time slot.
48. The mobile terminal of claim 43 wherein the space-time coding is such that each of the plurality of OFDM signals includes identical data with different encoding.
49. The mobile terminal of claim 43 wherein the space-time coding is such that each of the plurality of OFDM signals includes different parts of the scheduled data.
50. A method for determining channel responses for OFDM transmissions comprising:
 - a) determining relative transmission delays from a plurality of base stations participating in an OFDM soft handoff;
 - b) extracting scattered pilot signals in a frequency domain for OFDM signals;
 - c) estimating first channel responses for each scattered pilot signal for each transmit channel;
 - d) removing additional phase rotation caused by the transmission delays from the first channel responses;
 - e) interpolating the first channel responses to estimated second channel responses for each OFDM data sub-carrier; and
 - f) adding phase rotation caused by transmission delays to the second channel responses to estimate final channel responses for each of the OFDM data sub-carriers.

1/14

**FIG. 1**

2/14

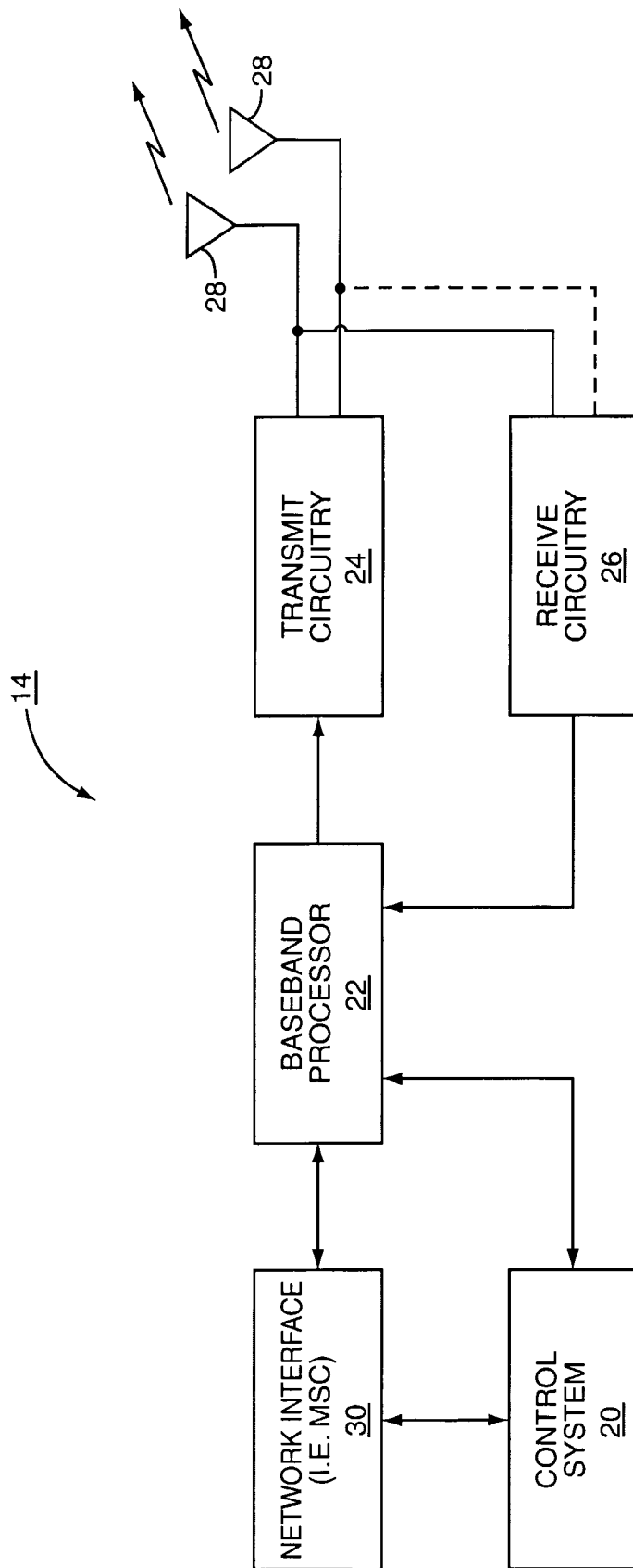


FIG. 2

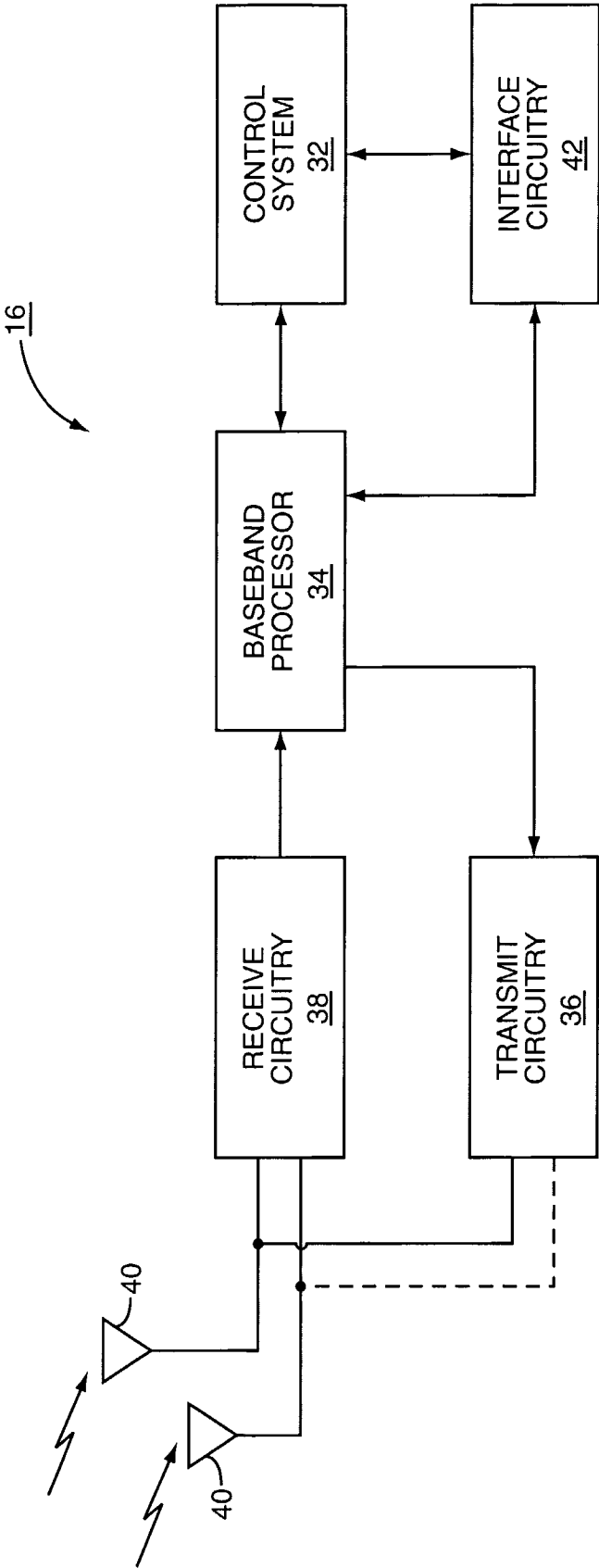


FIG. 3

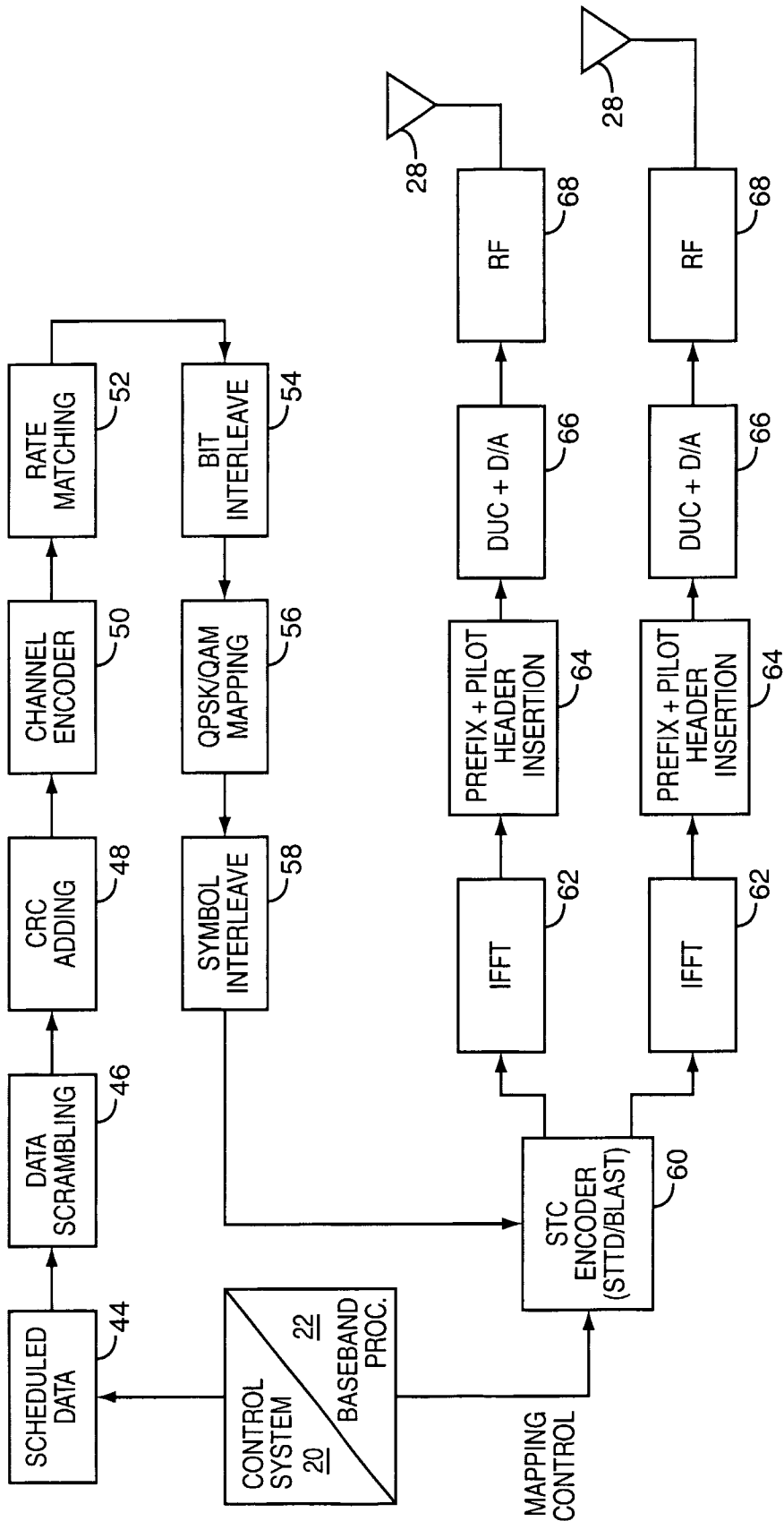


FIG. 4

5/14

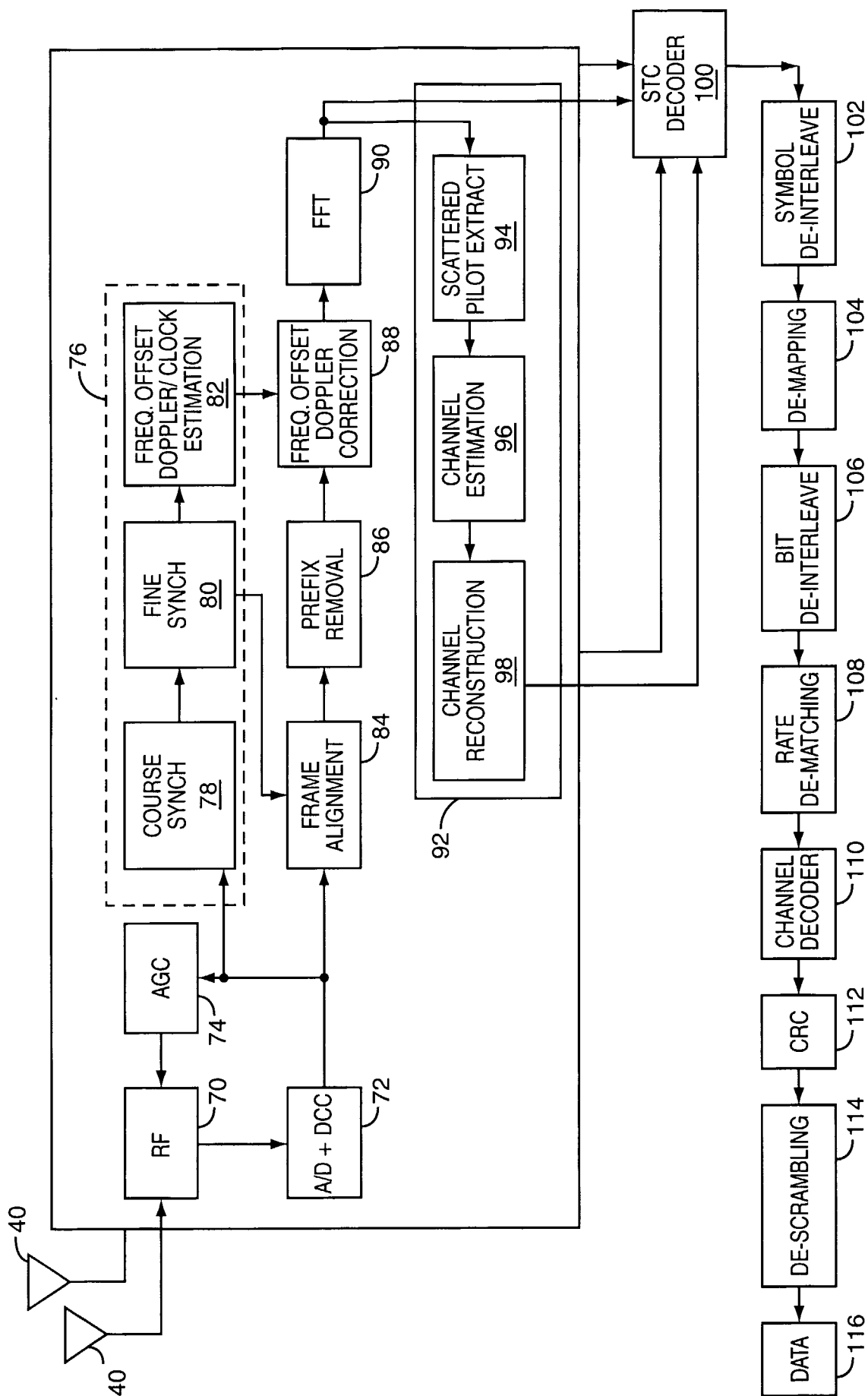
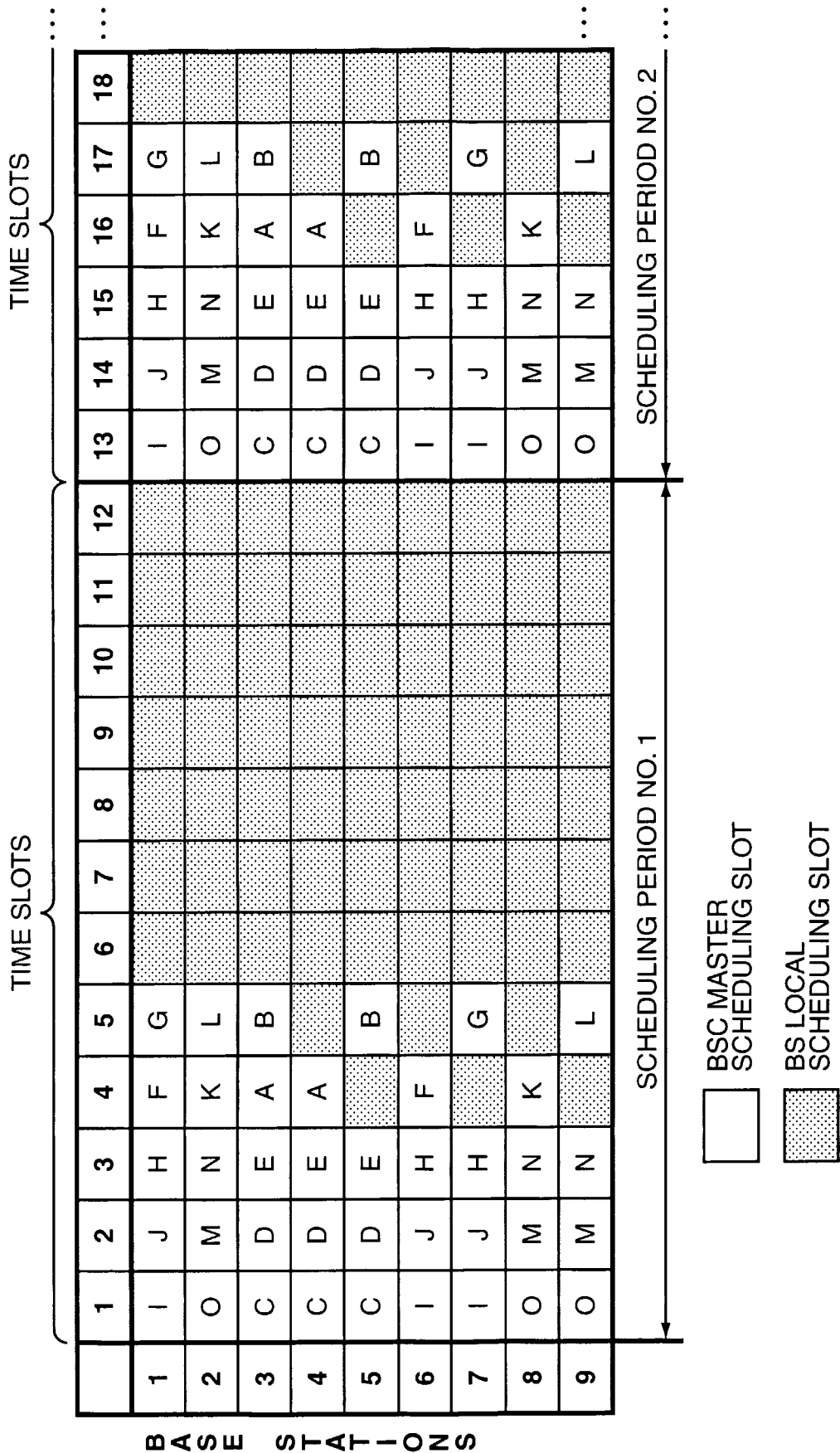


FIG. 5

6/14

| | | BASE STATIONS | | | | | | | | |
|---------------------|---|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | BS1 | BS2 | BS3 | BS4 | BS5 | BS6 | BS7 | BS8 | BS9 |
| MOBILE TERMINALS | A | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | |
| | C | | | | | | | | | |
| | D | | | | | | | | | |
| | E | | | | | | | | | |
| | F | | | | | | | | | |
| | G | | | | | | | | | |
| | H | | | | | | | | | |
| | I | | | | | | | | | |
| | J | | | | | | | | | |
| | K | | | | | | | | | |
| | L | | | | | | | | | |
| | M | | | | | | | | | |
| | N | | | | | | | | | |
| | O | | | | | | | | | |
| | | ACTIVE SET LIST | | | | | | | | |

FIG. 6



ROUND-ROBIN SCHEDULING

FIG. 7A

8/14

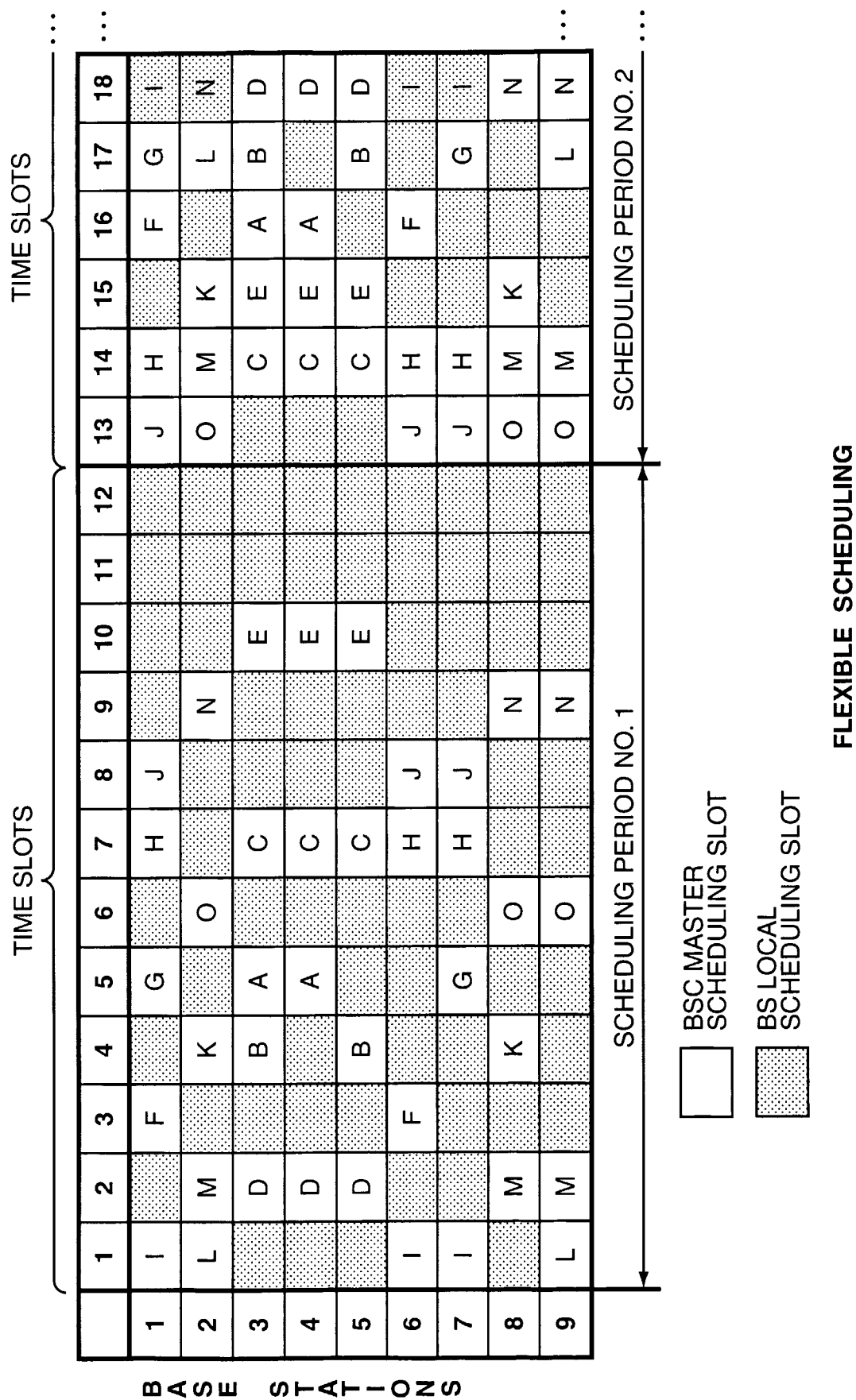
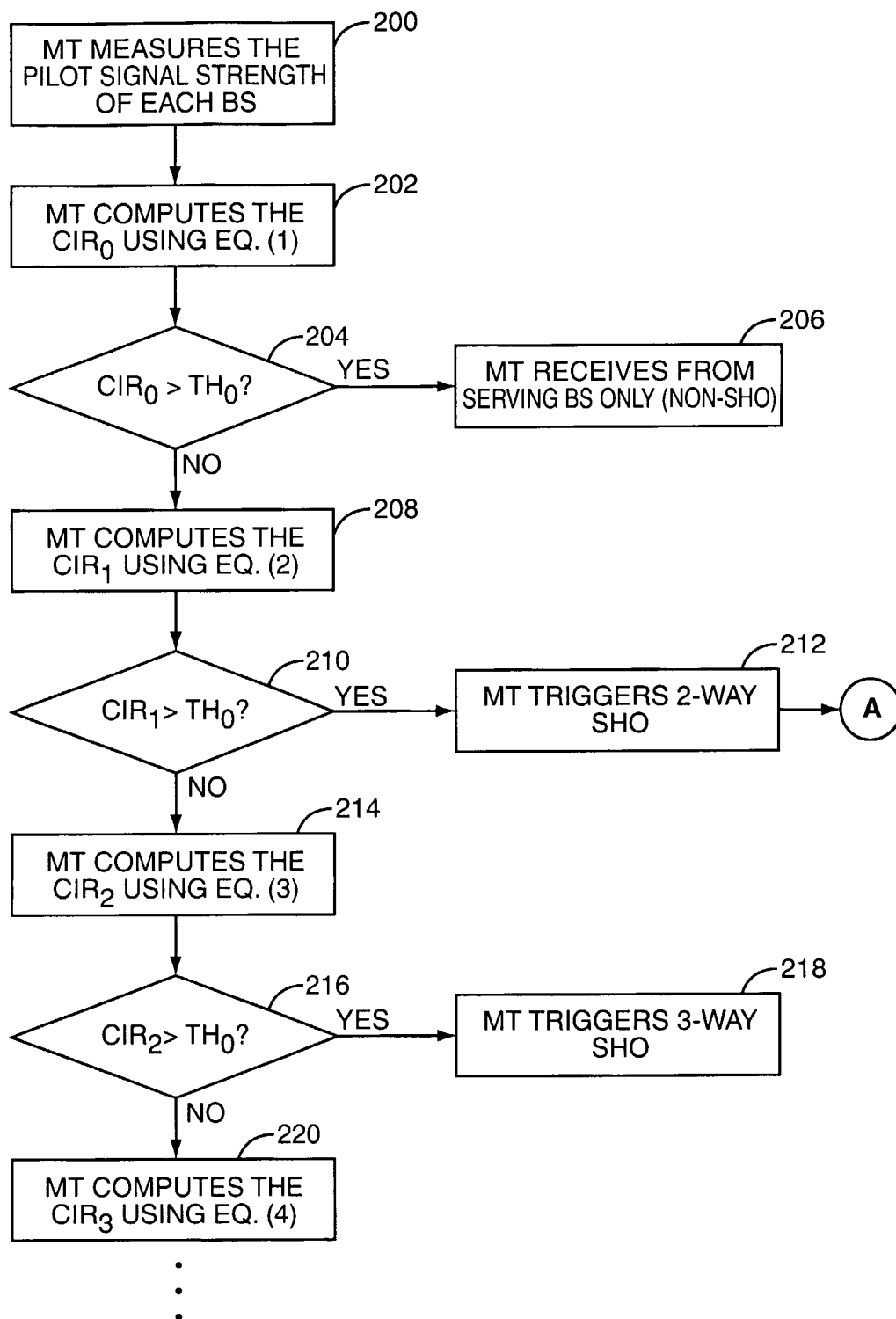


FIG. 7B

9/14

**FIG. 8A**

10/14

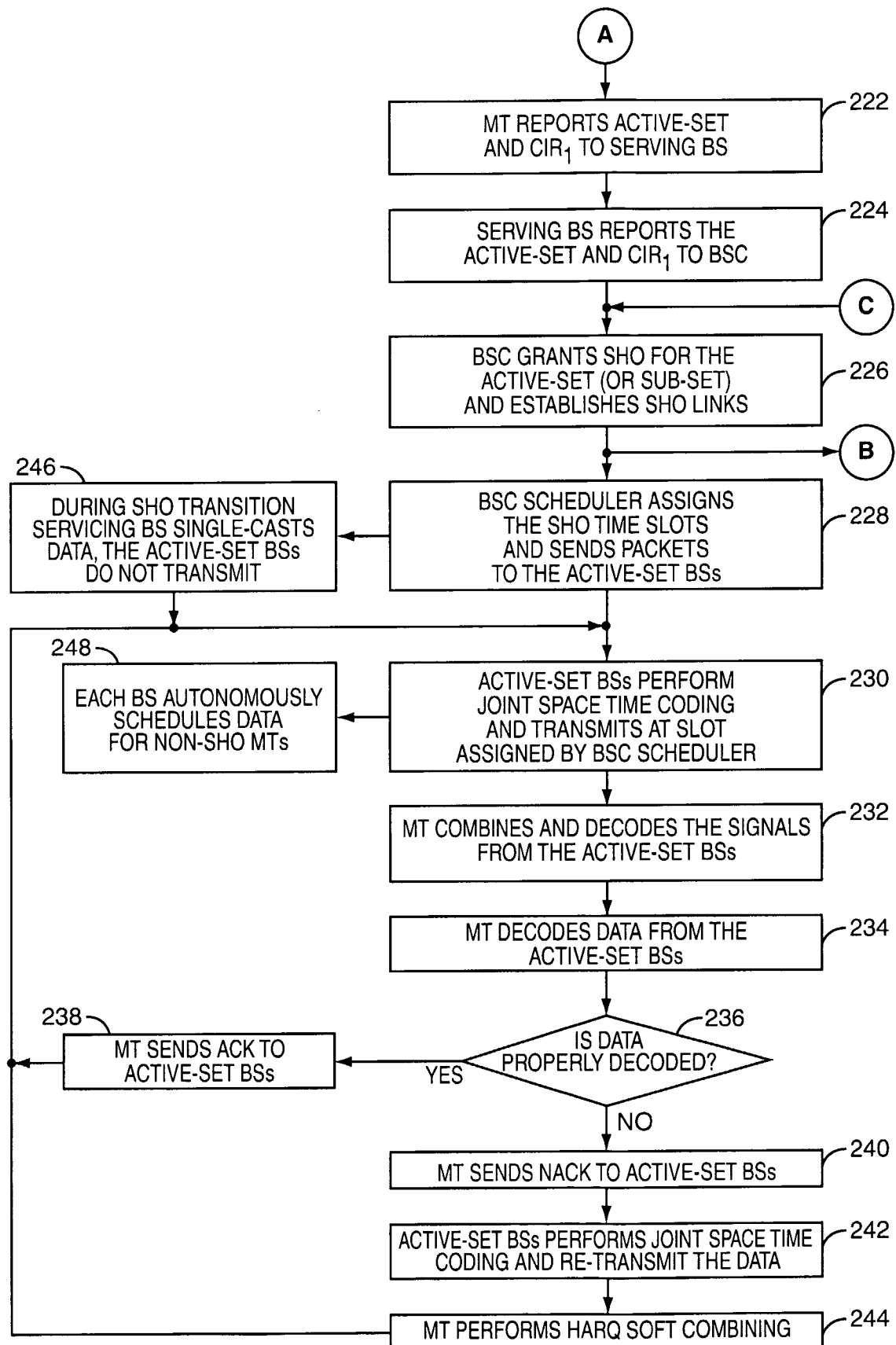


FIG. 8B

11/14

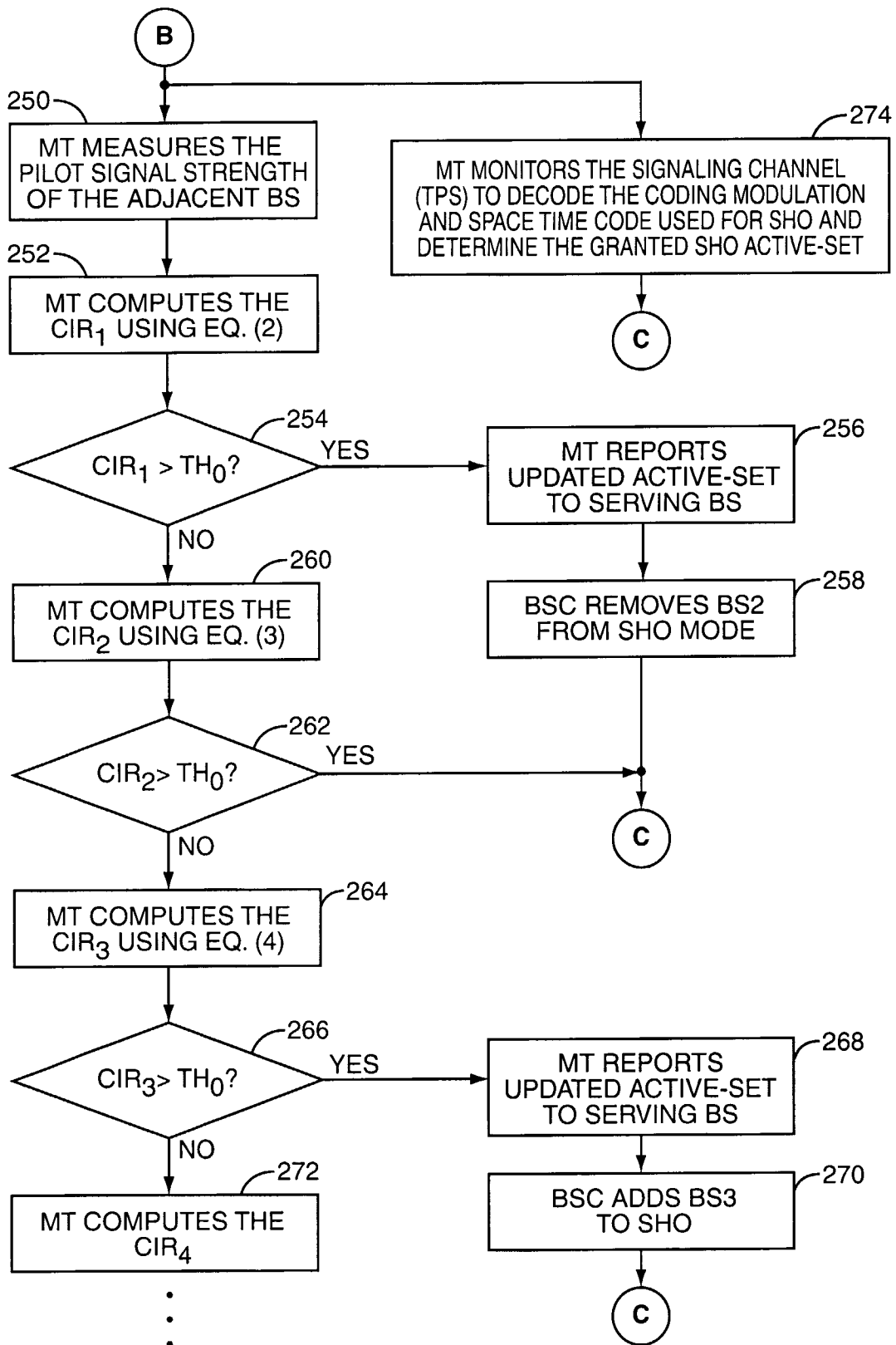


FIG. 8C

12/14

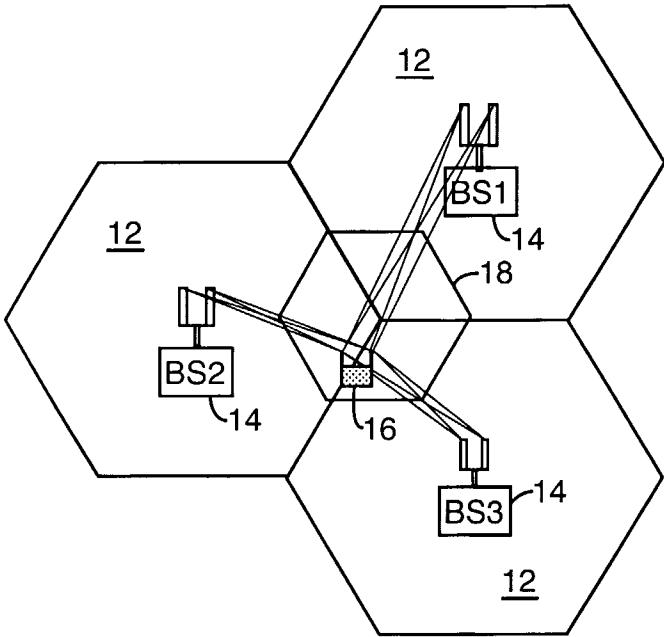


FIG. 9

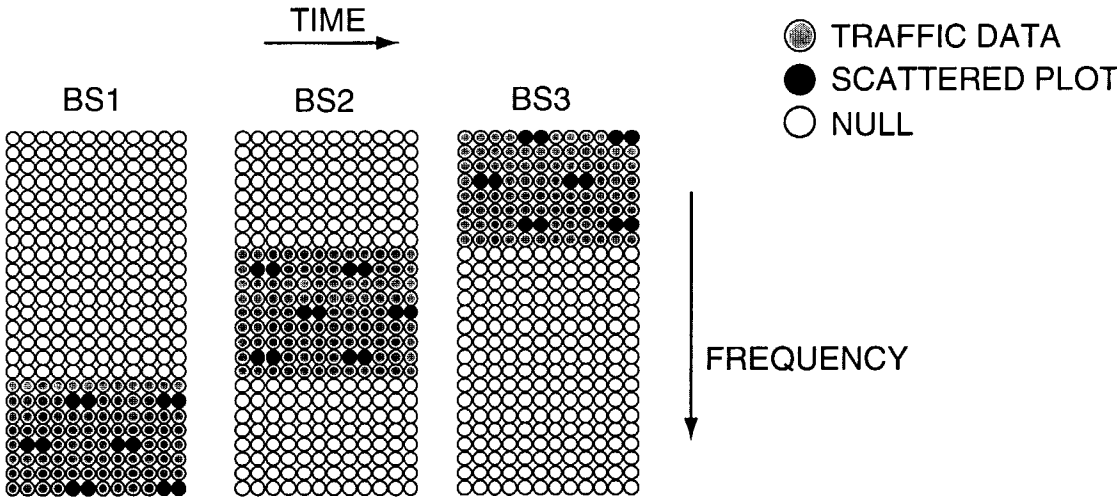


FIG. 10

13/14

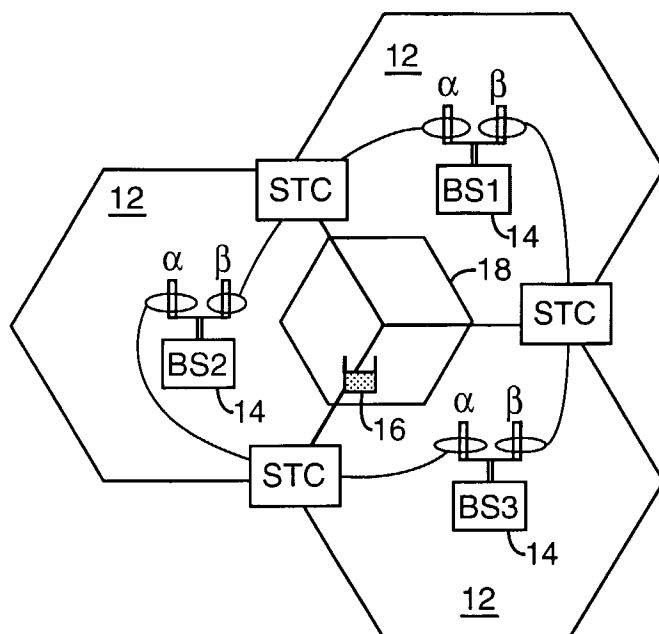


FIG. 11

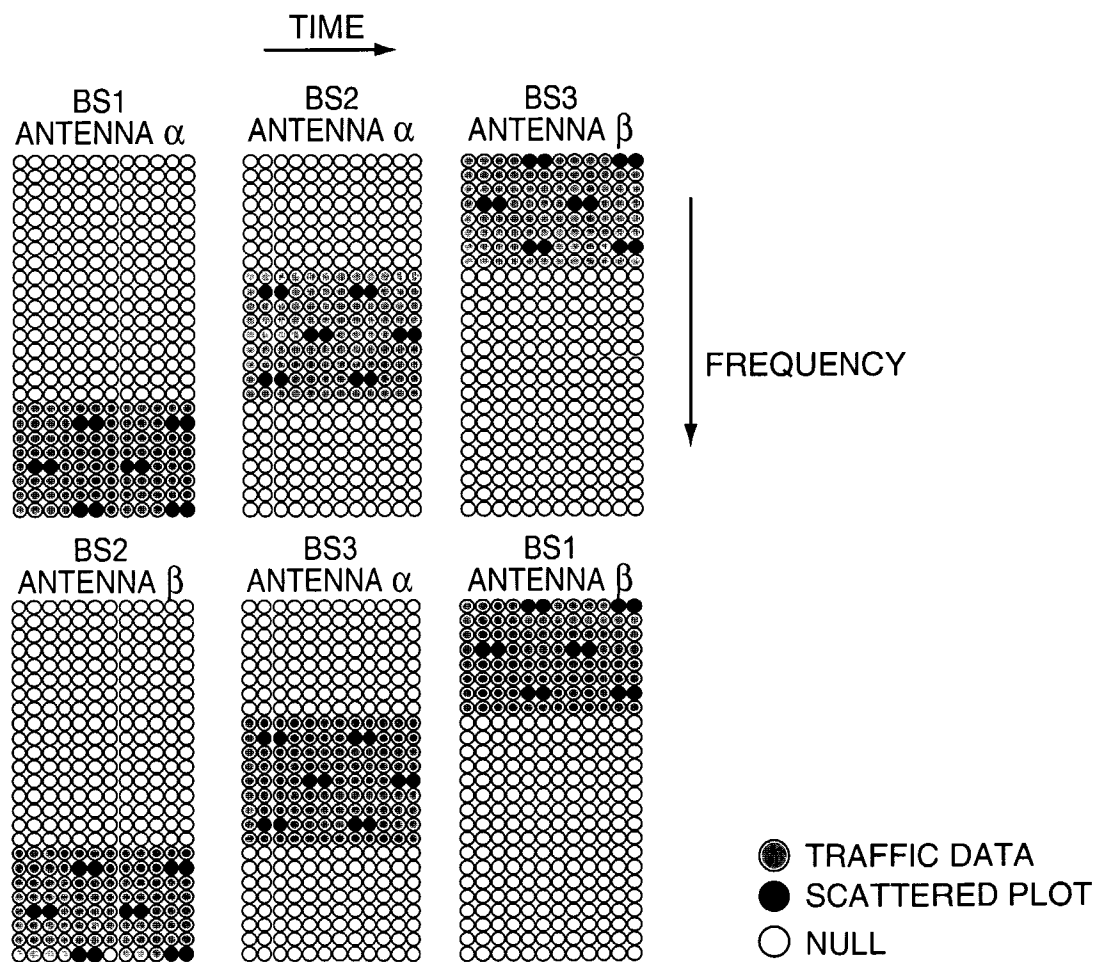


FIG. 12

14/14

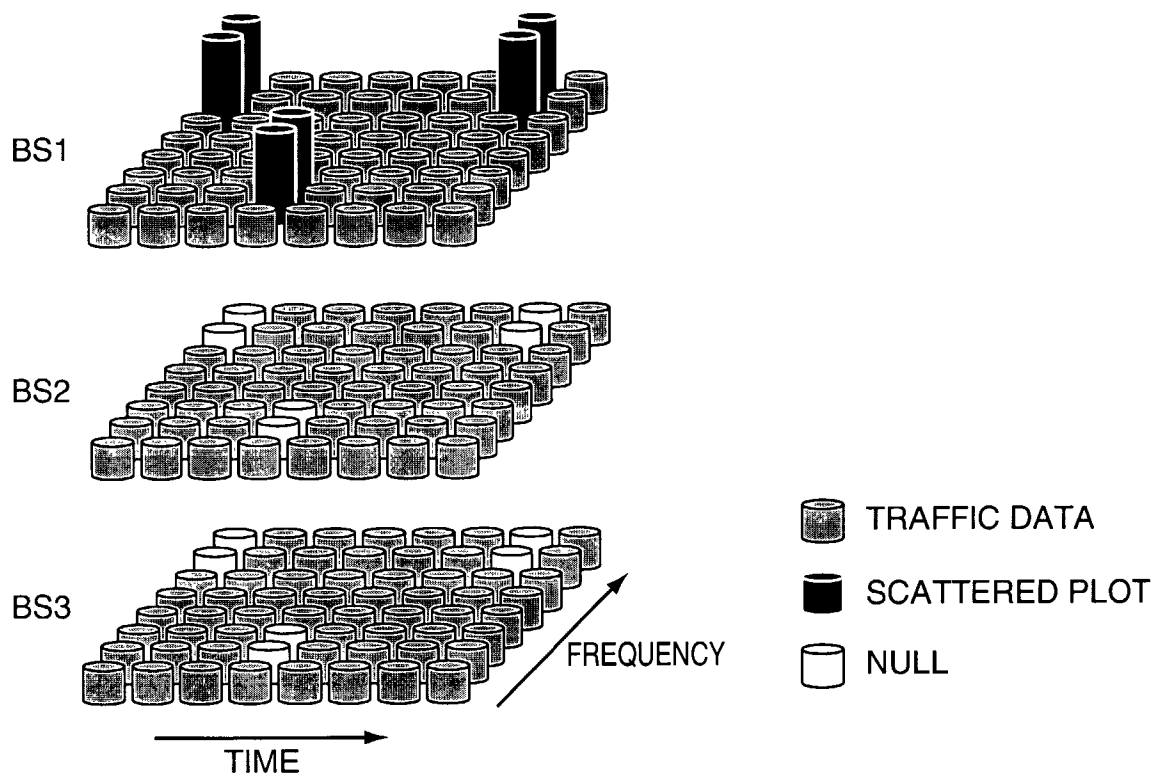


FIG. 13

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04Q7/38 H04L5/02 H04L25/02 H04B7/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04Q H04L H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X | EP 0 902 551 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 17 March 1999 (1999-03-17) paragraph '0003! - paragraph '0008! paragraph '0010! - paragraph '0041! ---- | 1-50 |
| A | EP 1 187 503 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 13 March 2002 (2002-03-13) the whole document ----- | 1-50 |



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 June 2003

Date of mailing of the international search report

12/06/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pacholec, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/IB 03/00153

| Patent document cited in search report | | Publication date | | Patent family member(s) | | Publication date |
|---|---|---------------------|----|----------------------------|--|---------------------|
| EP 0902551 | A | 17-03-1999 | US | 6038450 A | | 14-03-2000 |
| | | | EP | 0902551 A2 | | 17-03-1999 |
| | | | JP | 11178036 A | | 02-07-1999 |
| <hr/> | | | | | | |
| EP 1187503 | A | 13-03-2002 | EP | 1187503 A1 | | 13-03-2002 |
| | | | JP | 2002112328 A | | 12-04-2002 |
| | | | US | 2002098873 A1 | | 25-07-2002 |
| <hr/> | | | | | | |